

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

I.T.I.ELECTRICIDAD

Mejora en la calidad del suministro eléctrico de la isla Floreana. (Islas Galápagos, Ecuador)

AUTOR: Ignacio Alonso Salvatella

TUTORA: Mónica Chinchilla

Leganés, Diciembre 2011



RESUMEN

Este es un proyecto realizado en el ámbito de la cooperación al desarrollo cuyo objetivo principal es la mejora del funcionamiento y del rendimiento del sistema fotovoltaico instalado en la Isla Floreana. El proyecto se llevó a cabo a través de un convenio entre la Universidad Carlos III de Madrid y el programa Araucaria XXI de la Agencia Española de Cooperación Internacional para Desarrollo (AECID). Dicha mejora se centró en cuatro cuestiones principales: puesta a punto del sistema, capacitación de técnicos locales, operación y mantenimiento del sistema y coordinación de entidades.

SUMMARY

This is a Project framed in the area of the cooperation to the development which main aim is the improvement of the operation of the photovoltaic system which is installed in Floreana Island. The project was carried out across an agreement between Carlos III University of Madrid and Araucaria XXI program of the Agencia Española de Cooperación Internacional para Desarrollo (AECID) [International Cooperation for the Development Spanish Agency]. The above mentioned improvement was focused on four actions: system tune up, local workers training, operation and maintenance of the system and legal entities coordination.



LISTADO DE ACRÓNIMOS

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
PNG	Parque Nacional Galápagos.
OTC	Oficina Técnica de Cooperación.
PIIPSF	Proyecto Integral de Infraestructuras Para la Sostenibilidad de la isla Floreana.
TTA	Trama Tecno Ambiental.
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
GFI	Generador Fotovoltaico Individual.
POA	Plan Operativo Anual.
UC3M	Universidad Carlos III de Madrid.
ORI	Oficina de Relaciones Internacionales.
MGS	Microrred de generación Solar.
MEM	Ministerio de Energía y Minas (Ecuador).
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía (Ecuador).
CONELEC	Consejo Nacional de Electricidad (Ecuador).
RMG	Reserva Marina de Galápagos.
PWM	Modulado por Ancho de Pulsos.
HSP	Horas Solares Pico.
PFC	Proyecto de Final de Carrera.
EML	Enfoque del Marco Lógico.
MPP	Matriz de Planificación del Proyecto.
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
CAD	Comité de Ayuda al Desarrollo.



ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	9
1.1. ESTUDIOS ANTERIORES	10
1.2 DEFINICIÓN DE LOS GENERADORES DEL PIIPSF	12
1.2.1 MICRO-RED HÍBRIDA DE PTO.VELASCO IBARRA	12
1.2.2 GENERACIÓN EN LA PARTE AGRÍCOLA DE LA ISLA.	13
1.2.2.1 FINCA LA PRIMAVERA (IFMGS2).	13
1.2.2.2 FINCA LAS PALMAS (IFMGS3).....	14
1.2.2.3 GENERADORES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES.	14
2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	16
2.1. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:.....	17
2.2. OBJETIVOS PARCIALES DEL PIIPSIF.....	17
2.3. OBJETIVOS PARTICULARES DE ESTE PFC	19
2.4. ENTORNO DEL PROYECTO Y UBICACIÓN DE OBJETIVOS.....	20
3. CONTEXTO DEL ESTUDIO.....	22
3.1. ISLAS GALÁPAGOS (ECUADOR)	22
3.2. ORIGEN	24
3.3. CLIMA.....	24
3.4. DIVERSIDAD ECOLÓGICA	25
3.5. HISTORIA HUMANA.....	25
3.6. LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS	26
3.7. ECONOMÍA.....	26
3.8. LA PARROQUIA DE FLOREANA	27
3.9 MANEJO DEL SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-DIESEL.....	28
4. TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO.	29
4.1 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA	29



4.2-CAPACITACIÓN DE TÉCNICOS LOCALES.....	39
4.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	42
4.3.1 OPERACIÓN.....	42
4.3.1.1 LA CENTRALITA.....	42
4.3.1.2 EL GRUPO ELÉCTRÓGENO.....	49
4.3.1.3 EL CARGADOR EXTERNO DE BATERÍAS.	49
4.3.1.4 GENERADORES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES	50
4.3.2 MANTENIMIENTO.....	52
4.3.2.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.	53
4.3.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	55
4.3.2.3 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO	56
4.4 COORDINACIÓN DE ENTIDADES.....	59
4.4.1 COORDINACIÓN INTERNACIONAL	61
4.4.2 SEDE DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS.....	61
4.4.3 CIRCULAR INFORMATIVA INTERNA.	61
4.4.4 COORDINACIÓN EN LA FASE FINAL DEL PROYECTO.....	61
5. CÁLCULOS DE LOS SISTEMAS INSTALADOS.....	63
5.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES.....	65
5.2 FINCA LAS PALMAS.....	66
5.3 FINCA LA PRIMAVERA.....	67
5.4 SISTEMA EN PUERTO VELASCO IBARRA.	68
5.4.1 IFMGS1a.....	68
5.4.2 IFMGS1b.....	69
5.4.3 APOORTE DEL GRUPO ELECTRÓGENO.....	70
6. EVALUACIÓN Y CONCLUSIONES.....	72
6.1. PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA.	72



6.2. CAPACITACIÓN DE TÉCNICOS LOCALES.....	72
6.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	73
6.4. COORDINACIÓN DE ENTIDADES.....	73
6.5. EVALUACIÓN LOS SISTEMAS INSTALADOS.	74
6.6. ANÁLISIS DEL PIIPSIF COMO PROYECTO DE COOPERACIÓN.....	75
6.6.1 ANÁLISIS DE LA PARTICIPACIÓN.....	77
6.6.2 ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS.....	77
6.6.3 ANÁLISIS DE OBJETIVOS.....	78
6.6.4 DISEÑO DEL PIIPSIF SEGÚN EL EML.....	78
7. BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS.....	85
ANEXO I: Destilador solar	
ANEXO II: Inventario	
ANEXO III: Gestión de instalaciones fotovoltaicas autónomas	
ANEXO IV: Cuadro de visualización remota	
ANEXO V: Dispensador-contador de energía	
ANEXO VI: Unifilares Pto. Velasco Ibarra	



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Resumen de características de los generadores fotovoltaicos	15
Tabla 2: Avisos del gestor inteligente de energía	46
Tabla 3: Posibles fallos en la instalación	52
Tabla 4: Mantenimiento en Edificio Multiusos	57
Tabla 5: Mantenimiento en los Sistemas de la Parte Alta	58
Tabla 6: Resumen de los GFIs	65
Tabla 7: Resumen finca Las Palmas	66
Tabla 8: Resumen Finca La Primavera.....	67
Tabla 9: Resumen microrred híbrida Pto. Velasco Ibarra	68
Tabla 10: Resumen sistemas de la parte alta	74
Tabla 11: Resumen sistema híbrido fv-diesel.....	75
Tabla 12: Ejemplo Matriz de Planificación del Proyecto	79
Tabla 13: Inventario mínimo	91
Tabla 14: Parámetros de la instalación	96



ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Edificio Multiuso en Puerto Velasco Ibarra.....	12
Figura 2: Instalación híbrida eólico-fotovoltaica en La Primavera	13
Figura 3: Esquema de la instalación en Las Palmas	14
Figura 4: Generador fv individual	14
Figura 5: Esquema de los GFIs.....	15
Figura 6: Estructura general del Proyecto	21
Figura 7: Ubicación del archipiélago de Galápagos en el contexto continental e insular del Pacífico oriental.....	23
Figura 8: Geología de Floreana	27
Figura 9: Banco de baterías en el Edificio multiuso.....	30
Figura 10: Roberto Pallo sobre la cubierta de Edificio para realizar labores de mantenimiento	32
Figura 11: Armarios de la centralita IFMGS1a	35
Figura 12: Indicadores y pulsadores de la centralita	44
Figura 13: Transformador del inversor.....	48
Figura 14: Controlador de carga GFI	50
Figura 15: Estructura del PIIPSF.....	60
Figura 16: Esquema del destilador solar.....	87
Figura 17: Destilador solar	87
Figura 18: Limpieza destilador solar	88
Figura 19: Cuadro de visualización remota	98
Figura 20: Comparación FEDI con sistema de aguas.....	104



1. ANTECEDENTES

Este es un Proyecto enmarcado dentro del ámbito de la Cooperación Internacional al Desarrollo lo que implica un desinterés económico por parte de todos los actores intervinientes en el mismo. Su fin principal es la mejora de las condiciones de vida de los habitantes de la Isla Floreana (Islas Galápagos) y por lo tanto éstos formarán parte activa del proyecto y no serán sólo los beneficiarios de un sistema desconocido para ellos. Es importante que participen en la toma de decisiones con el objetivo de asegurar la sostenibilidad del proyecto y la plena aceptación del mismo por parte de toda la sociedad.

Este proyecto pudo realizarse gracias a que el Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador viene desarrollando un Plan de Manejo de las islas Galápagos, en base a prioridades nacionales en materia de conservación del medio ambiente, biodiversidad y protección de áreas naturales, siendo la entidad ejecutora el Parque Nacional Galápagos (PNG).

El Parque Nacional Galápagos es una entidad de derecho público que tiene a su cargo el manejo y administración de las áreas protegidas del Parque Nacional y Reserva Marina de Galápagos en donde ejerce jurisdicción.

El nuevo Plan de Manejo del PNG reconoce que para el logro de sus objetivos, la institución PNG tiene que empezar a trabajar activa y coordinadamente con los gremios, cooperativas y asociaciones de los distintos sectores productivos en la búsqueda de alternativas para el uso sustentable de los bienes y servicios ambientales generados por la biodiversidad y los ecosistemas del archipiélago. Es necesario, pues, incorporar cada vez más la política de conservación que ejecuta el PNG en el modelo territorial de Galápagos que configura el Plan Regional para, de esta manera, integrarla horizontalmente con las demás políticas sectoriales.

Por intermedio de su Oficina Técnica de Cooperación (OTC) en el Ecuador, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) ha puesto en marcha el proyecto Araucaria XXI, como parte del Programa Bilateral de Cooperación Hispano-Ecuatoriana, para el período 2005-2008 conforme lo establece el Acta de la XI Comisión Mixta de Cooperación Hispano-Ecuatoriana suscrita entre los Gobiernos de España y Ecuador.

ARAUCARIA XXI - ISLAS GALÁPAGOS, que forma parte del programa ARAUCARIA XXI de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, establece como línea principal de trabajo fortalecer al PNG como institución oficial encargada de la gestión de las áreas naturales protegidas del archipiélago promoviendo una mayor coordinación con las demás instituciones de la provincia en el marco del Plan de Manejo del PNG y del Plan Regional, contribuyendo con ello, al desarrollo de un modelo territorial que garantice la conservación de la integridad



ecológica y la biodiversidad de los ecosistemas del archipiélago y facilite un uso racional de los bienes y servicios ambientales, promoviendo un desarrollo humano equitativo, solidario y sustentable.

1.1. ESTUDIOS ANTERIORES

La electrificación rural es un elemento necesario para el desarrollo económico y social de una población. Sin embargo, según fuentes de Naciones Unidas, se estima que hay alrededor de 2.200 millones de personas en el mundo, principalmente en los llamados países en vías de desarrollo, sin acceso a este servicio básico.

En zonas rurales dispersas, áreas remotas e islas, la extensión de la red eléctrica es imposible de financiar o es técnicamente inviable. A menudo se opta por soluciones basadas en grupos electrógenos con combustible subsidiado para atender a corto plazo la demanda. Esta situación conlleva unas inversiones importantes, y unos costes operacionales muy caros que no pueden ser cubiertos adecuadamente por los usuarios. Este déficit de financiamiento acarrea la precariedad operacional y la poca calidad técnica del servicio a los usuarios, así como el riesgo de accidentes con daños a las personas y al medioambiente.

Esta es la situación de las islas Galápagos; pero con la circunstancia agravante adicional de que el medio, en este caso, es un ecosistema de gran fragilidad y biodiversidad que necesita una protección especial. El servicio eléctrico actual se basa en el transporte anual de más de cinco millones de litros de combustible que son transportados y se trasvasan en situaciones precarias para ser quemados localmente en grupos electrógenos. El accidente ocurrido en enero del año 2001 con el derrame de 720,000 litros de combustible fue un serio aviso del riesgo del transporte de este combustible.

Adicionalmente, se ha constatado el hecho adicional de que el usuario, al no pagar el coste real del servicio prestado, ni conocer los detalles del impacto que la prestación de este servicio representa al medioambiente, es un usuario con un bajo nivel de concienciación en lo referente al consumo responsable de energía.

La poca ordenación urbanística y la distribución precaria del agua potable también contribuyen a un mayor riesgo para la población.

Estos factores hicieron que se empezara a gestar la idea de formular un plan integral para la producción de energía en las islas de una manera sostenible y reduciendo poco a poco la utilización de combustibles fósiles mediante la implantación de sistemas basados en energías renovables. De aquí surgió el Proyecto “Electrificación Renovable en las Islas Galápagos” en donde se enmarca el “Proyecto Integral de Infraestructuras para la Sostenibilidad de la isla Floreana (PIPSF)”

Las partes interesadas en este proyecto fueron:



- El proyecto ARAUCARIA XXI - ISLAS GALÁPAGOS de la Cooperación Española (AECID), que tiene una trayectoria y reconocimiento importante dentro de la población y las entidades del Archipiélago.
- El Parque Nacional Galápagos (PNG), responsable de la protección de los ecosistemas insulares y gestor del 97% del territorio terrestre y marítimo del archipiélago siendo a su vez una sucursal del Ministerio del Ambiente de Ecuador.
- El Gobierno de Ecuador a través del Ministerio de Energía y Minas
- La ONG española Asociación SEBA que ha desarrollado una experiencia tecnológica y metodológica en lo social durante los últimos 10 años, un saber hacer y unas referencias de numerosos proyectos implantados a la consecución de este fin.
- Trama Tecno Ambiental, una empresa especialista en diseño y gestión de proyectos de electrificación rural autónoma.
- El PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) con presencia permanente y capacidad instalada en Ecuador.
- Junta Parroquial de Floreana, que reúne a una representación de los principales beneficiarios del Proyecto siendo a su vez una entidad política y económicamente dependiente del cantón de San Cristóbal.

En Puerto Velasco Ibarra (Isla Floreana) el día 20 de Junio de 2001 se firmó el convenio Institucional, dónde se constituyó oficialmente el Comité de Gestión y la Unidad Ejecutora del PIIPSF.

Antes de la ejecución de dicho proyecto los habitantes de la isla Floreana disponían de un suministro eléctrico básico proporcionado por un grupo electrógeno diesel que funcionaba durante 12 horas al día. El hecho de no disponer de electricidad durante las 24 horas del día acarreaba muchos problemas. Entre ellos destacaba la imposibilidad de almacenar alimentos, descartándose todos aquellos que necesitaran permanecer refrigerados. Los niños y adolescentes no tenían oportunidad de estudiar después de la puesta de sol y por supuesto quedaban restringidas todas aquellas actividades nocturnas que requirieran de iluminación; así como los dos deportes de principal aceptación en la isla, a saber, el fútbol y el ecua-voley.

La falta de una fuente de electricidad en la zona agropecuaria de la isla dificultaba la actividad agrícola de la misma así como la necesidad de la utilización de motores alimentados por combustibles fósiles para bombear el agua necesaria para los riegos.



1.2 DEFINICIÓN DE LOS GENERADORES DEL PIIPSF

Los generadores fotovoltaicos del Proyecto Integral de Infraestructuras para la Sostenibilidad de la Isla Floreana son los siguientes:

- La micro red híbrida (diesel-fv) en Puerto Velasco Ibarra conformada por los sistemas IFMGS1a y IFMGS1b.
- La microrred híbrida (eólico-fv) de la finca La Primavera (IFMGS2).
- La micro red (fv) de la finca Las Palmas (IFMGS3).
- Los generadores fotovoltaicos individuales (GFI) de la parte alta.

1.2.1 MICRO-RED HÍBRIDA DE PTO.VELASCO IBARRA

El generador fotovoltaico está instalado en el Edificio Multiusos del Proyecto Integral de Infraestructuras para la Sostenibilidad de la isla Floreana.



Figura 1: Edificio Multiuso en Puerto Velasco Ibarra

En las cubiertas se encuentran instalados 210 paneles fotovoltaicos de 100Wp cada uno, con una potencia total instalada de 21000Wp. Los paneles se encuentran conectados en series de 3. Normalmente con 6 de estos arreglos se realiza un ramal, excepto en los ramales 11 y 12 que fueron instalados posteriormente y cuyos arreglos están conformados por 5 series de 3 paneles cada uno.

La energía generada es gestionada en dos sistemas, IFMGS 1a y IFMGS 1b. El primero está conformado por 6 ramales (1, 2, 3, 4, 5 y 6) con una capacidad total de 10800Wp. El sistema 1b tiene también 6 ramales (7, 8, 9, 10, 11 y 12) con 10200Wp. Ambos sistemas tienen un banco de baterías de 3000A.h a 48 VDC.



La distribución se realiza a baja tensión por tres líneas de alimentación. Del sistema **a** salen la línea 1 y la línea 2, ambas con una potencia de 7200 W. Del sistema **b** sale la línea 3, también con una potencia de 7200W

Puesto que estamos hablando de un sistema híbrido fotovoltaico-diesel, el generador auxiliar puede proceder a la carga de las baterías en momentos de consumo excesivo o de poca radiación solar. Para esto se dispone de un cargador externo de baterías.

El cargador externo de baterías permite la carga de cualquiera de los sistemas con una potencia nominal de 8000W. El armario de distribución permite que se pueda realizar un by-pass para alimentar a los usuarios directamente desde el grupo electrógeno

El generador externo alimenta el cargador de baterías con una línea trifásica de media tensión.

1.2.2 GENERACIÓN EN LA PARTE AGRÍCOLA DE LA ISLA.

Existen dos microrredes en la parte alta de la isla: la primera ubicada en la finca La Primavera que abastece a dos clientes. La otra microrred se encuentra en la finca Las Palmas.

1.2.2.1 FINCA LA PRIMAVERA (IFMGS2).

En La Primavera se instaló un sistema híbrido eólico-fotovoltaico. La capacidad instalada es de 1800Wp en la parte fotovoltaica y un aerogenerador de 500 W. La gestión se realiza con una centralita con 3 etapas de potencia (3600 W) y 1 etapa de rastreador-regulador (2000 W). La distribución se hace a bajo voltaje (110 Vac) para dos vecinos que se encuentran a aproximadamente 150 m de la caseta de generación. La energía se almacena en un banco de baterías de 900 Ah a 48 Vdc



Figura 2: Instalación híbrida eólico-fotovoltaica en La Primavera

1.2.2.2 FINCA LAS PALMAS (IFMGS3)

En la finca Las Palmas existe un sistema fotovoltaico con una capacidad instalada de 2100 Wp. La gestión se realiza con una centralita con 3 etapas de potencia (3600 W) y 1 etapa de rastreador-regulador (2000W)

La distribución se hace a bajo voltaje (110 Vac) para dos abonados que se encuentran muy cerca de la caseta de generación. La energía se almacena en un banco de baterías de 900 Ah a 48 Vdc.

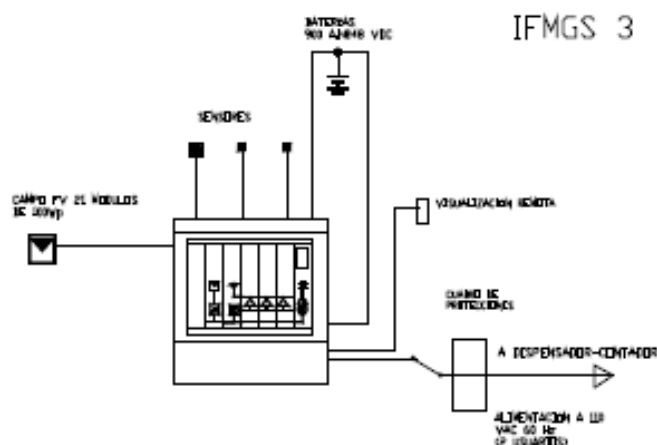


Figura 3: Esquema de la instalación en Las Palmas

1.2.2.3 GENERADORES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES.

En la parte alta de la isla existen usuarios que están muy alejados de la microrred, por lo que se ofrece el servicio eléctrico con tres generadores fotovoltaicos individuales (GFI1, GFI2 y GFI3) los cuales están formados por 4 paneles fotovoltaicos de 100 Wp cada uno, un regulador de carga de 20A, un banco de baterías de 240A.h a 24 Vdc, un ondulator de 250 W, y elementos de protección tal y como se muestra en las imágenes.



Figura 4: Generador fv individual

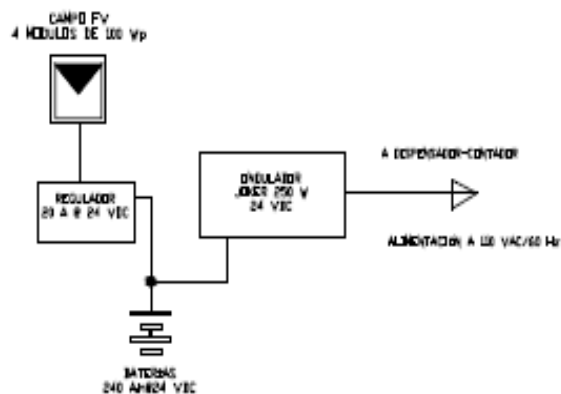


Figura 5: Esquema de los GFIs

NOMBRE	UBICACIÓN	GENERACIÓN	REGULADOR	ONDULADOR	BATERIA	VOLTAJE
		(Wp)	(A)	(W)	(C ₁₀₀ A.h)	(Vcc)
IFMGS2	La Primavera	1800Wp 500 W _{eólico}	50	3600	900	48
IFMGS3	Las Palmas	2100	50	3600	900	48
IFMGS1a	Edificio Multiuso	10800	300	14400	3000	48
IFMGS1b	Edificio Multiuso	10200	300	7200	3000	48
GFI 1	Aníbal S.Miguel	400	20	250	240	24
GFI 2	Iván Moreno	400	20	250	240	24
GFI 3	Jesús Vera	400	20	250	240	24

Tabla 1: Resumen de características de los generadores fotovoltaicos



2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El proyecto que a continuación se muestra pretende consolidar la implantación del Proyecto Integral de Infraestructuras para la Sostenibilidad de la Isla Floreana (PIISIF), aplicando sobre el terreno los dos últimos capítulos de su formulación, a saber, operación y mantenimiento del sistema híbrido fotovoltaico y capacitación de técnicos locales. Así mismo deberá integrarse dentro de los objetivos generales del POA (Plan Operativo Anual) de ARAUCARIA XXI, programa en el cual está enmarcado.

La iniciativa del proyecto surgió de la Oficina de Cooperación Universitaria al Desarrollo de la Universidad Carlos III de Madrid (OCUD) dependiente directamente de la Oficina de Relaciones Internacionales (ORI) en coalición con algunos profesores de la propia Universidad implicados en el ámbito de la cooperación al desarrollo, firmándose un convenio que sentaba las bases de esta colaboración entre la UC3M y el Proyecto ARAUCARIA XXI de la Agencia Española de Cooperación al Desarrollo.

Este proyecto obtuvo financiación a través de la I Convocatoria de Ayudas para Proyectos de Final de Carrera en el ámbito de la Cooperación al Desarrollo, adjudicada por el Vicerrectorado de Relaciones Internacionales y Cooperación.

El trabajo comenzó a principios de octubre de 2008, en Quito (Ecuador) donde se mantuvieron las primeras reuniones con los ingenieros responsables de la implantación del sistema sobre el cual se iba a trabajar. Fueron unas reuniones de gran interés, proporcionándose la información y la documentación necesaria para la correcta realización del trabajo.

Poco más tarde tuvo lugar la entrada en las Islas Galápagos, allí se preparó la partida hacia isla Floreana, previa reunión con María Moreno De los Ríos, directora del Proyecto ARAUCARIA XXI- Islas Galápagos donde se asentaron y definieron las bases del trabajo a realizar.

Dicho proyecto se encontraba en el tercero de sus cuatro años de actividad. El objetivo de esta fase era tratar de consolidar los objetivos conseguidos en años anteriores. Para hacer un seguimiento y control de la consecución de estos objetivos, el proyecto realiza anualmente un Plan Operativo Anual (POA). Es por ello que todas las acciones, por pequeñas que fueran, deberían estar englobadas dentro de los objetivos específicos del mismo. Huelga decir lo importante de entender y manejar dicho documento. Como ya comentamos, la contraparte es el Ministerio del Ambiente del Ecuador-Parque Nacional Galápagos, delegando sus funciones en el Parque Nacional Galápagos (PNG)

El proyecto se enmarca a su vez dentro del Plan de Manejo del PNG, aprobado en abril de 2005, cuyo objetivo general es: “Galápagos cuenta con instituciones que trabajan, conjuntamente, y con un movimiento social, con los que avanzar en la construcción de un modelo de desarrollo equitativo, solidario y sustentable, y en la conservación de la



integridad ecológica y la biodiversidad de los ecosistemas del archipiélago. Se deben afianzar estas instituciones”

Basándonos en estos principios de gestión, es evidente que el trabajo y objetivos parciales del proyecto debían englobarse dentro de los objetivos marcados por el POA y apoyados por el PNG. El trabajo se enmarcará pues dentro del objetivo específico número dos del POA 2007, que dice: “Generar un cambio de actitudes y comportamiento en la población y las instituciones locales a favor de la conservación y desarrollo sustentable de Galápagos”

Con esta línea de acción expuesta por el POA, los requerimientos del PNG y la necesidad de consolidar el desarrollo sustentable en la isla Floreana, los objetivos específicos de este proyecto se detallan a continuación.

2.1. OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:

Como se indicó anteriormente en la definición del Proyecto Integral de Infraestructuras para la Sostenibilidad de la isla Floreana, el objetivo general del proyecto es:

- Implantar infraestructuras que contribuyan a la sostenibilidad de Floreana considerando tres necesidades como prioritarias: ordenación urbanística, electrificación y agua potable.

Sin embargo, el proyecto en su conjunto pretende trascender mucho más allá de la solución del problema de la isla. Parte de los fondos se destinarán a dar un gran valor añadido al proyecto mediante:

- Substitución del modelo de consumo energético vigente y vencer las inercias de mal uso de los recursos existentes.
- Fortalecimiento de las instituciones locales, en especial la Junta Parroquial y asociaciones ciudadanas como miembros activos y dinamizadores del proyecto.
- Fomento de la actividad agrícola productiva en la Zona Agropecuaria de Floreana, para reducir la dependencia alimenticia del exterior.
- Trascendencia del Proyecto a todo el archipiélago y a otras áreas remotas del país (Amazonia, etc.) como modelo a replicar, mediante acciones de capacitación y divulgación.

2.2. OBJETIVOS PARCIALES DEL PIIPSIF

Se exponen a continuación los objetivos parciales del Proyecto Integral de Infraestructuras para la Sostenibilidad de la Isla Floreana. Estos objetivos están agrupados en cuatro categorías según la fase del proyecto en la que se desarrollen, y a la vez, dentro de estos objetivos se encontrarán los objetivos particulares de este PFC que se está exponiendo.



1. Ordenación urbanística plaza y edificio público:

Objetivo 1 - Edificio Multiuso: Construcción el edificio en donde se integren los paneles fotovoltaicos y el resto de equipos (baterías, unidad reguladora y transformadora de energía, etc.) en Puerto Velasco Ibarra, y que sea también de utilidad comunal, actuando como centro de encuentro de vecinos, de información para los visitantes del parque, divulgativo, para eventos sociales, oficina para la empresa eléctrica y local comercial.

Objetivo 2 - Ordenación urbanística: El Edificio Multiuso se construirá en el parque central, pero el proyecto arquitectónico también integrará la ordenación de todo el parque, de forma que sirva como punto de encuentro de vecinos, información para los visitantes del parque y de área deportivo-recreativa. Se actualizarán los planos municipales de Puerto Velasco Ibarra y se marcará la disposición de las calles.

2. Servicio eléctrico:

Objetivo 1 - Infraestructura eléctrica renovable: Se electrificarán todas las viviendas de Floreana: las de Puerto Velasco Ibarra y las de la parte alta que corresponde a la Zona Agropecuaria. Además, también se atenderán otros servicios que requerían electricidad (alumbrado público, Edificio Multiuso e información turística, centros educativos, etc.).

Para Puerto Velasco Ibarra, se ha diseñado una microrred eléctrica con generación solar híbrida (MGS), que tiene como unidad generadora un sistema fotovoltaico-diesel que produce electricidad para aproximadamente 55 emplazamientos (viviendas, iglesia, oficinas...) del núcleo poblacional. En la zona agropecuaria se instalarán 4 equipos autónomos fotovoltaicos, siendo dos de ellos pequeñas Microrredes eléctricas con Generación Solar para dos usuarios; todos ellos cubrirán la demanda de electricidad de la población agrícola en la parte alta de la isla.

Objetivo 2 - Evaluación, Monitorización y Seguimiento: El éxito de un proyecto también se determina por la continuidad en la prestación del servicio ofrecido, por tanto es importante la realización de un seguimiento post proyecto a nivel socioeconómico y tecnológico.

Se implantará un esquema de evaluación de calidad de servicio que será gestionado por el operador de las instalaciones. Este esquema consiste en el registro de datos técnicos integrado en los equipos que demuestran la calidad técnica del servicio de las instalaciones y permiten de prevenir posibles fallos, y en la adquisición de datos no-técnicos, como la calidad del servicio comercial.

Objetivo 3 - Plan de explotación: Una vez finalizado el proyecto, los activos de las instalaciones serán de titularidad pública local (Junta Parroquial de Floreana) en la parte correspondiente a los aportes del PNG, SEBA y del MEM. ELECGALÁPAGOS mantendrá como activos propios los correspondientes a la parte proporcional de su



aporte económico. Se creará un generador independiente que venderá su electricidad al precio marcado por el CENACE.

3. Capacitación local y transferencia de conocimientos:

Objetivo 1 - Culturización sobre el uso responsable del recurso: Se establecerá un nuevo sistema de tarifas eléctricas por bloques de “energía convenida” que quede homologado en el marco del reglamento eléctrico vigente que debe revisarse por el Ente Regulador (CONELEC). Se realizarán varias auditorías energéticas domiciliarias y se realizará la sustitución de electrodomésticos ineficientes. Se capacitó a los usuarios, en especial a los grupos de mujeres en la gestión de la demanda energética y finalmente se realizó una campaña de culturización infantil sobre el ahorro.

Dentro del marco del plan de formación, se diseñaron los elementos didácticos del Edificio Multiuso y su posible inclusión en un plan a largo plazo de capacitación y educación.

Objetivo 2 - Transferencia tecnológica: para la ejecución se utilizará el máximo número posible de operarios locales que serán capacitados, mediante programas específicos, para que posteriormente sean capaces de efectuar las tareas básicas de mantenimiento y reparaciones de estas instalaciones. Los principales objetivos serán:

4. Coordinación de entidades:

Objetivo 1 - Fortalecimiento de las instituciones locales: Se capacitó a la Junta Parroquial y también a otras asociaciones locales con el objetivo de que sean capaces de participar activamente en la ejecución del proyecto, y para que puedan posteriormente gestionar los activos que queden bajo su responsabilidad.

Objetivo 2 - Divulgación: Los procesos de divulgación se desarrollarán mediante acciones internas y externas. Por un lado los usuarios están directamente implicados en la ejecución del proyecto y colaborarán en cursos de formación e información. La divulgación exterior será garantizada por la variedad de los participantes en el proyecto a nivel nacional e internacional mediante publicaciones, exposiciones en ferias y congresos, material informativo en los centros de interpretación en Floreana así como en San Cristóbal que sobre todo será dirigido al turismo y acciones de sensibilización en España. Las publicaciones serán principalmente un manual de uso de la instalación, dípticos de difusión del proyecto, y un cuadernillo de motivación al uso eficiente de la energía.

2.3. OBJETIVOS PARTICULARES DE ESTE PFC

Los procedimientos relativos a obra civil, infraestructuras y ordenación urbanística estaban terminados al comienzo de este PFC, es decir, los edificios destinados a alojar los equipos eléctricos estaban contruidos y el sistema eléctrico estaba operativo.



Dado que este proyecto se enmarca dentro del PIIPSIF se tomaron como objetivos específicos los objetivos propios del proyecto que estuvieran aún en fase de ejecución—o por ejecutar— y que la AECID marcó como prioritarios:

- Capacitación de técnicos locales: Formación técnica a los futuros operarios del sistema en todo lo relacionado con operación y mantenimiento del sistema, en tal grado que asegure la calidad del suministro eléctrico a todos los moradores de la isla.
- Coordinación de entidades: Se deben coordinar a todas las entidades participantes en el proyecto, identificando sus responsabilidades, de tal manera que se asegure tanto el correcto seguimiento del proyecto como su continuidad y viabilidad.

Como ya dijimos anteriormente, cualquier objetivo particular del proyecto de Floreana debe englobarse dentro de los objetivos específicos de la Cooperación Española en las Islas Galápagos, esto es, dentro del Plan Operativo Anual de ARAUCARIA XXI-Islas Galápagos. Por lo tanto, se muestran a continuación la actividad descrita en el POA dentro de la cual se incluyen los recién mencionados:

- Cumplir con la actividad 1.3 del POA 2007. “Desarrollar los mecanismos y estrategias necesarias para lograr los máximos estándares de calidad ambiental en el archipiélago, en coordinación con los gobiernos seccionales y la sociedad civil.”

2.4. ENTORNO DEL PROYECTO Y UBICACIÓN DE OBJETIVOS

Se muestra a continuación un cuadro donde se muestra la estructura completa y ubicación del proyecto, para una fácil comprensión:

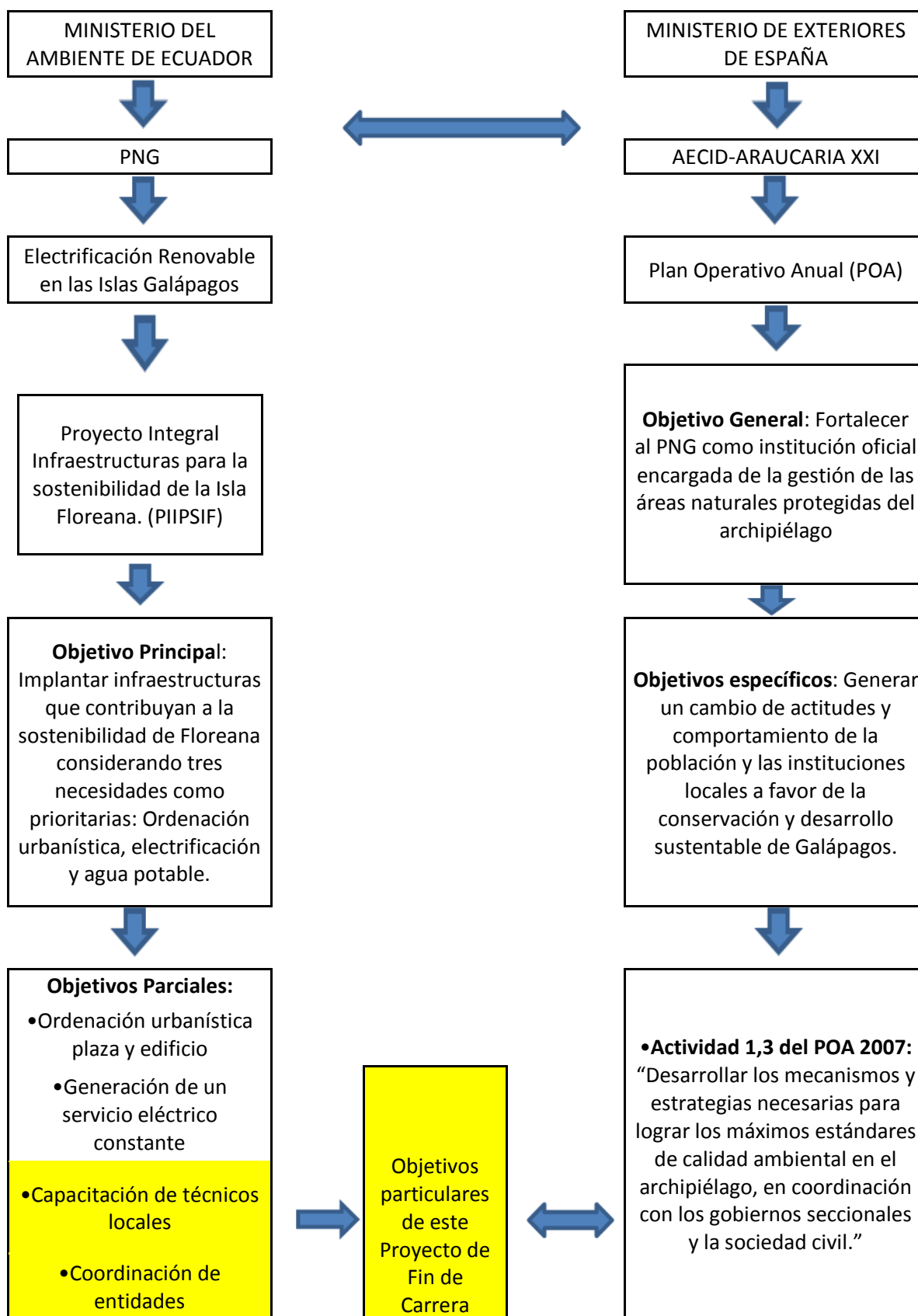


Figura 6: Estructura general del Proyecto



3. CONTEXTO DEL ESTUDIO

La práctica totalidad del estudio se llevó a cabo en la Isla Floreana, donde me fue facilitado un lugar de trabajo en las oficinas del Parque nacional Galápagos de Floreana, disponiendo una precaria conexión a internet que me permitió mantener contacto directo con la directiva de la compañía eléctrica ELECGALÁPAGOS, responsable directa de la gestión del sistema y de los técnicos a formar, así como con los responsables del proyecto ARAUCARIA, cuya ayuda y conocimientos sobre el funcionamiento de las instituciones de las islas fueron de gran ayuda y con los técnicos ecuatorianos diseñadores del proyecto, verdaderos conocedores del funcionamiento del sistema fotovoltaico.

Sin embargo, merece la pena realizar un pequeño estudio de la ubicación del proyecto en un contexto mucho más amplio.

3.1. ISLAS GALÁPAGOS (ECUADOR)

El archipiélago de Galápagos se encuentra ubicado en el ecuador geográfico del Océano Pacífico (alrededor de 0° 00' latitud y 90° 00' longitud oeste), a unos 1.000 km. al oeste del continente sudamericano. A la altura de la línea ecuatorial se encuentra su montaña más alta, el volcán Woolf de 1707 m.s.n.m., situado al norte de la isla Isabela.

El archipiélago tiene su centro geográfico a 0° 32.22' S y 90° 31.26' O. La distancia máxima entre dos puntos en el archipiélago son los 431 km. que separan la esquina noroeste de la isla Darwin de la esquina sudeste de la isla Española. Las coordenadas de referencia más externas van desde los 89°14' hasta los 92°00' de longitud Oeste y desde los 1°40' de latitud Norte y los 1°24' de latitud Sur; delimitando aproximadamente una superficie de 54.156 km² de tierra y mar.

El archipiélago se encuentra bastante aislado del continente, aunque este aislamiento es sensiblemente inferior al de otros archipiélagos del Pacífico. Al este, el punto más cercano es el Cabo San Lorenzo en el Ecuador continental, que dista 928 km. de la isla San Cristóbal. Al norte, la masa de tierra más cercana es la isla de Cocos, que dista 870 km. de la isla Darwin. Las distancias que separan a Galápagos del resto de archipiélagos del Pacífico oriental son muy superiores; así, las islas de Juan Fernández (Chile) se encuentra a 3.700 km. de distancia hacia el sur.



Figura 7: Ubicación del archipiélago de Galápagos en el contexto continental e insular del Pacífico oriental

El archipiélago de Galápagos está formado por 233 unidades terrestres emergidas incluyendo islas, islotes y rocas. De cualquier forma, ésta es una cifra que permanece abierta debido al carácter altamente dinámico de los procesos geológicos que modelan este archipiélago volcánico y por tanto siempre pendiente de nuevas prospecciones y actualizaciones. El inventario y registro de todas las unidades terrestres emergidas del archipiélago, independientemente de su tamaño, adquiere un significado muy especial para su conservación, dado que legalmente todos estos cuerpos de tierra forman parte integrante del Parque Nacional Galápagos.

La superficie total emergida del archipiélago es de 7.995,4 km² y posee una línea de costa de 1.688 km. Hay 13 islas grandes, con una superficie mayor de 10 km². Otras 5 islas pueden considerarse medianas, con un tamaño de entre 1 y 10 km². Las restantes 215 unidades son islotes de tamaño pequeño, además de numerosos promontorios rocosos de pocos metros cuadrados de superficie.

Cinco de las islas (Isabela, Santa Cruz, Fernandina, Santiago y San Cristóbal) representan el 93,2% de la superficie total del archipiélago. La isla Isabela, con 4.696,5 km² es, con diferencia, la de mayor tamaño, siendo más grande que todo el resto de las islas e islotes juntos (58,7% de la superficie total del archipiélago).

En el interior del archipiélago las islas más grandes se encuentran significativamente más aisladas de sus vecinas más cercanas, mientras que las islas pequeñas y los islotes



se encuentran, en su mayor parte, agrupados alrededor de las islas de mayor tamaño. El extremo noreste de la isla San Cristóbal tiene la distancia más cercana al continente (928 km.), mientras que la isla Darwin tiene la distancia más alejada (1.274 km.). (PNG, 2007)

3.2. ORIGEN

Las islas Galápagos tienen un origen volcánico. Las islas son el resultado de erupciones de lava desde el interior del océano que las elevaron más de 790 metros sobre el nivel del mar. Por esto la lava de los más de 2000 cráteres ha continuado alterando el relieve de la región. La última erupción relevante se dio en 1825 en Isla Isabela y a partir de ahí, esta isla ha mostrado una cierta actividad volcánica. Las islas están formadas por volcanes en la dorsal de Carnegie, la cual descansa sobre la placa de Nazca, y limita con las placas Pacífica y de Cocos, en dirección oeste y norte respectivamente. Dos fenómenos geológicos han formado el archipiélago. El primero es su proximidad a dos centros de dispersión continental: el centro de dispersión Pacífico-Este y el centro de dispersión Galápagos; y el segundo fenómeno es la existencia de un "punto caliente" o *hot spot*, que es una apertura del manto en la corteza terrestre que permite el ascenso de lava de forma permanente, a medida que se mueven las placas tectónicas de Nazca de este a sudeste.

Este ascenso de lava ha formado las dorsales de Carnegie y de Cocos frente a la costa costarricense.

3.3. CLIMA

El principal regulador del clima es la temperatura de la superficie del mar, con una estación húmeda de altas temperaturas (enero a abril) y una estación seca el resto del año. El clima marino de Galápagos se clasificaría como subtropical, aunque las condiciones de las islas norteñas se pueden comparar con las de los trópicos y las islas de más al sur se asemejan a las regiones cálido-templadas.

El ciclo anual de temperatura incluye una época caliente entre enero y abril, con temperaturas que fluctúan entre los 26 y los 28° C, y una época fría durante el resto del año con temperaturas menores a los 24°C, registrándose en sitios del oeste temperaturas de hasta 14°C. Los regímenes de temperatura varían tanto en la amplitud como en los promedios anuales. Es por ello que en base a sus regímenes de temperaturas, Galápagos puede dividirse en distintas regiones que van desde la tropical y subtropical a la temperada fría y cálida.

“El Niño” es un evento no periódico de invasión de aguas calientes provenientes del Pacífico Occidental en esta región del Pacífico. Es un fenómeno de la interacción océano-atmósfera, que incrementa la capa de mezcla y profundiza las isotermas. El evento de El Niño altera drásticamente el ecosistema marino y también los ecosistemas terrestres. La identificación y seguimiento de indicadores biológicos pelágicos y



costeros pueden ser una base para eventualmente determinar la evolución e intensidad de un evento que podría servir como herramienta de predicción para la aparición del fenómeno. (PNG, 1999)

3.4. DIVERSIDAD ECOLÓGICA

Las islas Galápagos constituyen uno de los más complejos, diversos y únicos archipiélagos oceánicos del mundo que aún mantiene sus ecosistemas y biodiversidad sin grandes alteraciones por las actividades humanas. Su ubicación y aislamiento geográfico, su riqueza biológica, los procesos evolutivos reflejados en su fauna y flora singular, y la poca alteración humana que han recibido, las han hecho acreedoras del reconocimiento mundial traducido en los títulos de Patrimonio Mundial de la Humanidad y Reserva de la Biosfera.

Los ambientes marinos y terrestres de Galápagos mantienen una estrecha relación de interdependencia, reflejada por ejemplo, en que poseen la única iguana marina y el único pingüino tropical del mundo. Esta interdependencia significa que cualquier alteración de uno de sus ambientes tiene repercusiones directas e indirectas sobre el otro.

El clima, las corrientes marinas y el aislamiento geográfico e histórico de Galápagos han dado cabida a un alto grado de diversidad biológica y endemismo.

Los principales hábitat marinos de la Reserva Marina de Galápagos (RMG) son los fondos rocosos, seguido de las paredes verticales rocosas, las playas arenosas, los manglares y en forma muy reducida los arrecifes de coral; además de la vegetación costera de playa y arena que tiene un alto grado de endemismo. Por otro lado las lagunas costeras, humedales y zonas de intercambio de agua dulce y marina presentan especies únicas, aún por estudiar. (PNG, 1999).

3.5. HISTORIA HUMANA

El asentamiento humano continuo en Galápagos se produjo tarde debido a su aislamiento y a sus duras condiciones ambientales – la falta de recursos de agua fresca suponía la limitación más importante. Aunque las islas fueron visitadas por primera vez por el ser humano en el año 1535, no se estableció ningún asentamiento permanente hasta 297 años después – explicando así en gran parte porque las islas permanecen en un estado tan prístino hasta la actualidad. La población total es pequeña, alcanzando aproximadamente 600 personas en el año 1900, sin sobrepasar las 1000 antes de 1940, y manteniéndose por debajo de los 2000 habitantes hasta bien entrados los años 60. Las subsiguientes oportunidades económicas siguieron con un rápido crecimiento, en gran parte debido a la inmigración desde el continente, ocurriendo en su mayoría los últimos 15-20 años atrás, y alcanzando un 8,5% algunos años, de acuerdo con varias fuentes. Hoy en día, 5 islas están habitadas permanentemente, con asentamientos que alcanzan



desde aproximadamente 120 personas hasta 15.000, con una población total que rondaba los 25.000-27.000 residentes en el año 2006.

3.6. LA PROVINCIA DE GALÁPAGOS

Galápagos constituye una de las 22 Provincias en las que se divide políticamente la república del Ecuador. Actualmente Ecuador está sufriendo un cambio político profundo y entre los cambios más probables es una nueva distribución provincial. La provincia de Galápagos es relativamente reciente, ya que fue creada el 18 de Febrero de 1973, con el fin de darle a esta región insular, a la que se le reconoce un notable valor ecológico, biológico, turístico y estratégico, su plena integración en el régimen administrativo nacional.

La provincia de Galápagos está dividida políticamente en tres cantones, que se corresponden con las islas de: San Cristóbal, con su capital cantonal Puerto Baquerizo Moreno, que es también la capital provincial; Santa Cruz, cuya capital cantonal es Puerto Ayora; e Isabela con Puerto Villamil como capital cantonal. Existen, además, seis Parroquias rurales: dos en San Cristóbal, dos en Santa Cruz, una en Isabela y una en Floreana.

La gobernabilidad de la provincia descansa sobre una serie de instituciones públicas dependientes del Gobierno central e instituciones de régimen seccional o de régimen especial, cuyas competencias están definidas por la Ley Especial de Galápagos y otros cuerpos normativos de ámbito nacional o regional. Asimismo, existen en el archipiélago toda una serie de instituciones privadas no gubernamentales de ámbito regional, nacional e internacional que poseen también gran relevancia en los temas referentes a la conservación y el desarrollo en la provincia. (PNG, 2005)

3.7. ECONOMÍA

El turismo es el gran motor de la economía de Galápagos. El modelo *estándar* de turismo consiste en un crucero de 4-7 días, en el que la mayoría de visitantes vuelan a uno de los dos aeropuertos comerciales en las islas e inmediatamente se suben a una embarcación, para desembarcar de nuevo en el aeropuerto al final del crucero, y volar de vuelta al continente. A través del turismo de crucero navegable se generan más de 250 millones de dólares americanos en total, de los cuales aproximadamente 40-50 millones de dólares son recaudados en Galápagos, mientras que el resto se queda en el continente o en el extranjero, a través de las empresas que gestionan los paquetes turísticos.

La mayoría de los propietarios de las embarcaciones tienen su base fuera de Galápagos y más concretamente en los Estados Unidos, aunque un gran número de pequeñas familias son los dueños de las operaciones que se realizan, en su mayoría ubicadas en Galápagos. Galápagos conduce a un gran número de visitantes extranjeros a Ecuador, dando como resultado un efecto económico adicional importante en el continente.



Por otra parte, el valor de las capturas de pescado para la economía local se estima en 5-6 millones de dólares anuales, la mayoría de los cuales derivan del lucrativo pero estacional y rápido declive del pepino de mar y la langosta, y de la permanencia del gancho común y línea de pesca para alimentar los mercados locales y barcos de crucero, así como para exportar al continente. Basándose en comentarios de diferentes fuentes, se supone que la misma cantidad de dinero es generada por la pesca ilegal (captura de pepino de mar y langosta fuera de temporada y la pesca ilegal del tiburón).

Otros sectores como el de servicios del gobierno o trabajos de conservación (por ejemplo, el Servicio Parque Nacional Galápagos y la Fundación Charles Darwin disponen de 250 trabajadores) se han convertido en contribuidores significantes de la economía local, mientras que un pequeño pero evolucionado sector de la agricultura se centra en el suministro de recursos alimenticios al mercado local y barcos de crucero, junto con la exportación de café y ganado. El típico sector servicios (ventas, comercios, construcción) acompaña estas principales actividades económicas. Debido a las condiciones especiales del archipiélago no se permite ningún tipo de industria.

3.8. LA PARROQUIA DE FLOREANA

La Isla Floreana (también conocida en español como Santa María y en inglés como *Charles*) es la sexta isla más grande por su extensión en kilómetros cuadrados del archipiélago, administrativamente pertenece a la Parroquia llamada Santa María, del Cantón de San Cristóbal, siendo su localidad más grande el poblado de Puerto Velasco Ibarra.

Mide 18 km de largo por 16 de ancho, tiene una superficie de 173 km² y una altitud máxima de 640 metros (Cerro Pajas). Fue llamada así en honor a Juan José Flores, el primer Presidente de Ecuador, durante cuya administración el gobierno ecuatoriano tomó posesión del archipiélago. También se la conoce como Santa María en honor a una de las carabelas de Colón.

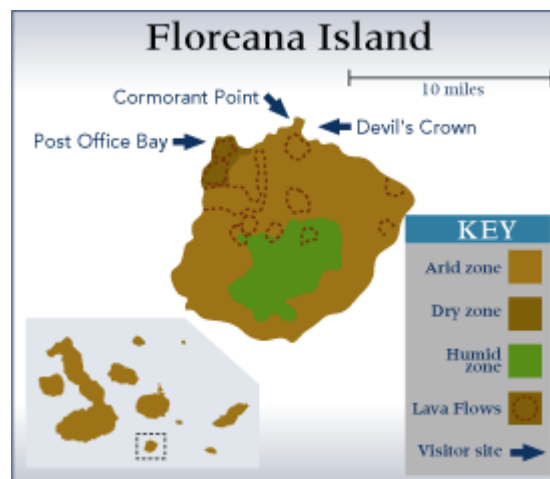


Figura 8: Geología de Floreana



3.9 MANEJO DEL SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO-DIESEL.

En la actualidad el sistema híbrido fotovoltaico-diesel definido en el apartado 1.2.1 es íntegramente manejado por Holge Vera y Roberto Pallo, los dos operarios de la empresa eléctrica de galápagos que habitan en la isla. Dada su escasa formación en este tipo de sistemas y la limitada supervisión que están recibiendo por parte de ELECGALÁPAGOS las labores de mantenimiento no se estaban realizando con suficiente rigurosidad, encontrando a la llegada a la isla un gran número de equipos funcionando en malas condiciones o con unos rendimientos muy por debajo de los esperados.

Estos mismos operarios se encargaban de las revisiones periódicas del grupo electrógeno de la isla, labor que realizaban con suma eficiencia, así como la toma de datos relativa a la tarificación del consumo a los moradores e instituciones de la isla.



4. TRABAJOS REALIZADOS EN CAMPO.

A la llegada a la isla el proyecto se hallaba en su última fase de ejecución. Las cuestiones de obra civil habían terminado así como todo lo referente a instalaciones eléctricas. Éstas últimas llevaban funcionando dos años, pero los resultados obtenidos, rendimientos y aceptación por parte de la sociedad no estaban siendo los esperados, no cumpliéndose así las expectativas generadas.

Es por eso que se decidió que el trabajo de campo fuera orientado a fortalecer el sistema, que si bien técnicamente era correcto, no estaba dando los resultados esperados en cuanto a funcionamiento y rendimientos. Por ello se decidió incidir directamente sobre las cuestiones que se establecieron como prioritarias para dar al proyecto la coherencia necesaria. Estos marcos de trabajo que se establecieron fueron: Puesta a punto del sistema, capacitación de técnicos locales, operación y mantenimiento y coordinación de entidades.

Cabe destacar, como fácilmente será entendible, que los tres primeros marcos de trabajo enumerados no son independientes, más bien todo lo contrario, existe una clara vinculación entre ellos. La puesta a punto del sistema y la operación y mantenimiento del mismo se sitúan dentro del programa de capacitación de técnicos locales, siendo de vital importancia el empoderamiento de los mismos como sujetos activos de las otras dos actividades.

4.1 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA

Este fue un punto de vital importancia para el correcto desarrollo del conjunto del proyecto. El mal mantenimiento de los equipos y la falta de formación de los técnicos locales para la realización de las reparaciones necesarias hicieron que la reparación y puesta a punto del sistema se convirtiera una acción prioritaria. Se desarrolló siguiendo la siguiente metodología.

-Estudio del estado del sistema: Se consultaron los manuales de cada equipo para verificar que estaban trabajando según las premisas correctas. Se evaluó el rendimiento del sistema y se revisó el funcionamiento punto por punto.

-Formulación de un plan de acción: una vez que el sistema fue evaluado y las deficiencias del mismo y los aspectos a mejorar fueron identificados se formuló un plan de acción donde se exponían las actividades a realizar para conseguir su correcto funcionamiento.

-Ejecución: Previa reunión, exposición y consenso con los técnicos locales se decidió aplicar las medidas propuestas en el plan de acción, explicando cada una de ellas en la teoría y en la práctica, haciendo de este punto parte del programa de capacitación.

El plan de acción definía las operaciones a realizar sobre cada uno de los equipos cuyo funcionamiento era defectuoso, o no del todo correcto, así como de aquellos elementos



que se encontraban en mal estado. El orden de actuación es el que se detalla a continuación:

1. **Baterías:** Las baterías eran el equipo que con diferencia estaban en peor estado a la entrada en la isla. No habían tenido en mantenimiento necesario (vaselina en los bornes y recarga de electrolito) y a simple vista se podía observar como las placas estaban empezando a curvarse peligrosamente.

Operaciones realizadas:

- Petición de agua destilada al PNG de San Cristóbal y rellenado con la misma hasta los niveles mínimos establecidos.
- Impregnación de vaselina en los bordes.
- Realización de una carga “súper” (ver capítulo de operación y mantenimiento).



Figura 9: Banco de baterías en el Edificio multiuso

Características de las baterías:

- a) Microrred Edificio Multiuso (IFMGS1a y IFMGS1b):

Marca: Hawker

Batería abierta tubular. Electrolito líquido de ácido sulfúrico diluido



Modelo: 3000

Voltaje nominal: 2 VCC/el

Número de vasos: 24 (en cada sistema)

Capacidad nominal: C20 (A.h): 3000

Voltaje nominal del banco de baterías:(VCC): 48

b) Microrredes Parte Alta (IFMGS2 y IFMGs3):

Marca: Hawker

Batería abierta tubular. Electrolito líquido de ácido sulfúrico diluido.

Modelo: 900

Voltaje nominal: 2 VCC/el

Número de vasos: 24 (en cada sistema)

Capacidad nominal: C20 (A.h): 900

Voltaje nominal del banco de baterías (VCC): 48

c) Generadores fotovoltaicos individuales:

Marca: Hawker

Batería abierta tubular. Electrolito líquido de ácido sulfúrico diluido

Modelo: 240

Voltaje nominal: 2 VCC/el

Número de vasos: 12 (en cada sistema)

Capacidad nominal: C20 (A.h): 240

Voltaje nominal del banco de baterías (VCC): 24

2. **Paneles:** Se llevó a cabo una inspección visual de los módulos fotovoltaicos y tal como habían dicho los propios operarios se apreció que éstos no habían sido limpiados desde su instalación (hacía más de dos años) por lo que la suciedad acumulada sobre ellos afectaba directamente a su rendimiento. Esto por no hablar de los excrementos de las aves que producían sombras, cuestión que debe ser evitada a toda costa por ser especialmente negativa, ya que un panel con sombra puede llegar a convertirse en demandante de corriente en vez de cumplir su papel de productor, descargando de forma continua las baterías.



Operaciones realizadas:

- Limpieza exhaustiva de todos los módulos fotovoltaicos con líquido no abrasivo (agua) y un trapo suave.
- Revisión de posibles puntos de corrosión en las estructuras.
- Inspección de las puestas a tierra de los marcos metálicos y reconexión de las mismas en los casos en los que ésta estaba dañada.



Figura 10: Roberto Pallo sobre la cubierta de Edificio para realizar labores de mantenimiento

Características de los paneles fotovoltaicos:

Marca: Isofotón

Modelo: I 100

Parámetros eléctricos:

Potencia Máxima $P_{max}=100$ Wp

Voltaje nominal $V_{mpp}= 12$ Voltios

Corriente de cortocircuito $I_{sc}= 6.54$ Amperios



Universidad de Carlos III

Mejora en la calidad del suministro eléctrico de la isla Floreana. (Islas Galápagos, Ecuador)

Voltaje a circuito abierto $V_{oc}=21.6$ Voltios

Corriente de máxima potencia $I_{max}= 5.74$ Amperios

Tensión de máxima potencia $V_{max} = 17.4$ Voltios

Dimensiones físicas: 1310x654x39.5 mm

Certificaciones: IEC 61215 y clase II TUV

Peso: 11 Kg

Celdas FV Silicio monocristalino

Marco: Aluminio anonizado

Encapsulante: Tedlar transparente

Cajas de conexión: IP 65 con diodos by pass

3. **Grupo electrógeno:** Se revisó el estado del grupo electrógeno diesel en presencia de los operarios locales. Este grupo era el mismo que abastecía de energía a toda la isla durante 12 horas al día antes de la implantación del sistema fotovoltaico. El estado del grupo era realmente bueno. Los operarios, a pesar de su escasa formación en sistemas eléctricos si tenían una buena formación en cuanto al manejo y mantenimiento del generador. Aún así fue necesaria la realización de un par de operaciones de puesta a punto para garantizar su óptimo funcionamiento, a saber:

- Cambio del aceite del generador
- Cambio del filtro del aceite
- Revisión de anclajes y tornillería (carcasa)
- Limpieza de la placa de características del motor.

4. **Centralita, reguladores y etapas de potencia:** Estos equipos, por su mayor grado de complejidad eran unos completos desconocidos para los operarios, que no habían sido correctamente instruidos en su funcionamiento, manejo y mantenimiento. A pesar de que los equipos estaban funcionando relativamente bien, fue necesaria la realización de una serie de actividades que mejoraran el funcionamiento. Estas acciones corresponderían normalmente a acciones de mantenimiento más que de reparación o puesta a punto pero el largo tiempo de abandono y la acumulación de tareas lo convirtió en toda una sesión de trabajo. Las acciones que se realizaron fueron las siguientes:

- Limpieza de ventiladores: Se apreció que la temperatura de las carcasas era elevada y que esto se debía a la práctica total obstrucción de los sistemas de ventilación. Por ello fue necesaria la extracción de las carcasas, el desmontaje



de los ventiladores y su limpieza exhaustiva. Posteriormente se realizó de nuevo su montaje.

- Prueba de las etapas de potencia del ondulator: Según las indicaciones de los operarios locales había varias etapas de potencia que, o no funcionaban, o no se encendía el led correspondiente cuando lo estaban haciendo. Por ello se consideró necesaria la prueba de cada una de estas etapas. Para ello se buscó un aparato con un consumo suficiente para activar una de las etapas de potencia y este se iba accionando cada vez que se cambiaban de posición las tarjetas, pudiendo probar en cada una de las pruebas la tarjeta que se encontraba en la primera posición.
- Cambio de las tarjetas averiadas: una vez realizada la prueba anterior se detectaron dos tarjetas de potencia que no funcionaban. Esta cuestión, según la configuración del sistema no era determinante para el correcto funcionamiento del conjunto del ondulator pues, en caso de que haya alguna tarjeta que no funcione el ondulator saltará automáticamente a la siguiente. Por lo tanto, el hecho de que alguna de ellas no funcione solamente afectará a la potencia simultánea máxima que puede otorgar dicho ondulator (inversor)
- Cambio de la posición de las tarjetas del ondulator: Puesto que como he explicado con anterioridad, las tarjetas del ondulator van entrando en funcionamiento de manera secuencial según la potencia demandada, se hace necesaria la rotación de las mismas para que todas ellas tengan un número similar de horas de trabajo. Por ello se cambió su posición, adelantando todas ellas una posición y poniendo las nuevas en las dos primeras y se establecieron unas fechas de cambio (cada tres meses) para su rotación.
- Comprobación de valores estándar de la configuración: Se navegó siguiendo las indicaciones del manual correspondiente de la centralita para verificar que todos los valores introducidos eran correctos, incluyendo índices de descarga y desconexión de baterías, fecha y hora, toma de datos solares, corrientes de carga, etc.

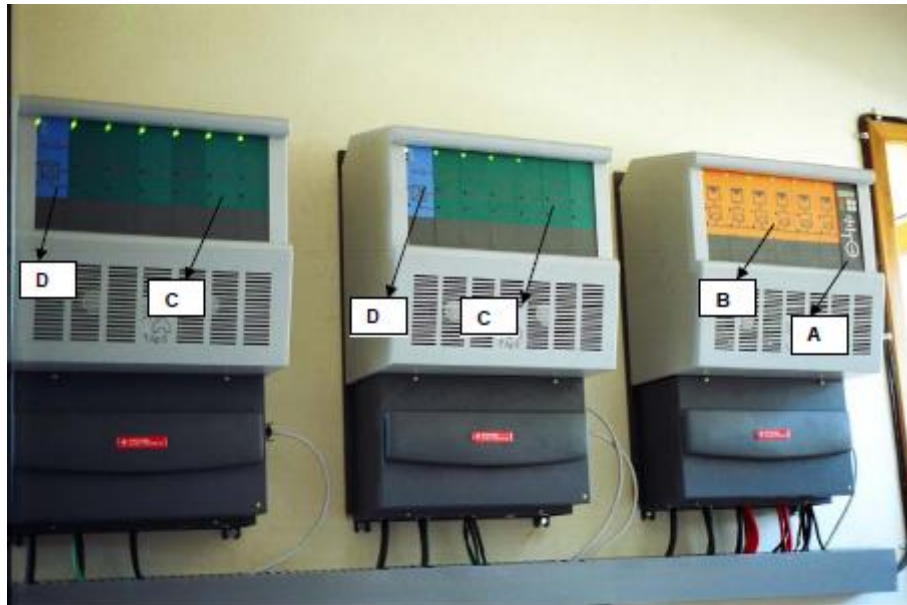


Figura 11: Armarios de la centralita IFMGS1a

	Módulo	Situación en el armario	Descripción
A	Gestor inteligente de energía	Extremo derecho	Control de toda la instalación y supervisión de la batería, contiene las teclas y la pantalla de control.
B	Rastreador	Al lado del gestor inteligente de energía	Cargan la batería con la corriente del campo fotovoltaico
C	Etapas de potencia	Al lado del control del ondulator	Transforman la energía de batería de 48 Vcc a 110 Vac
D	Control Ondulador	extremo izquierdo	Controla las etapas de potencia para generar la tensión alterna.

Características de la Centralita:

Marca: Salicru S.A.

Datos generales:

Dimensiones (mm) 540x510x320

Tipo de rack 19"-DIN 41494

Peso máximo (kg) 45 Dependiendo de la configuración

Refrigeración: Ventilación forzada



Encapsulado IP21

Rango de temperatura de trabajo (°C) 0-40 humedad relativa 95% sin condensación

Montaje Muro

Control del ondulator:

Dimensiones DIN 411494 Carta doble Europa 6U 12E

Mini ondulator (W) 20 Para consumos pequeños

Indicadores 4 LEDs:

- encendido
- Sobrecorriente
- Cargador
- Tensión de batería

Etapas de potencia:

Dimensiones DIN 411494 Carta doble Europa 6U 12E

Entrada CC:

Tensión nominal $U_{cc.N}$ (V) 48

Rango de tensión de funcionamiento U_{cc} (V) 41...65

Corriente nominal por etapa de potencia $I_{cc.N}$ (A) 22

Corriente máxima por etapa de potencia $I_{cc.max}$ (A) 45

Salida CA:

Tensión nominal $U_{ac.N}$ (V) $110 \pm 2\%$ una fase senoidal

Frecuencia (Hz) $60 \pm 0,001\%$

Distorsión armónica (%) $< 2,5$

Potencia de salida PN (VA) 1200 por módulo

Factor de potencia admisible 0,5 - 1

Arranque suave (ms) ca. 500



Universidad de Carlos III

Mejora en la calidad del suministro eléctrico de la isla Floreana. (Islas Galápagos, Ecuador)

Rendimiento (%) > 85 at $P=0,05 \dots 0,1 \times P_N$

> 90 at $P=0,1 \dots 0,5 \times P_N$

> 85 at P_N

Autoconsumo (W) < 13 En funcionamiento < 0,5 En espera

Indicador 1 LED: etapa en funcionamiento

Interconexión etapas de potencia: conexión en paralelo con arranque secuencial automático

Nº máximo Etapas de potencia por rack: 6 Dependiendo de la configuración del sistema

Gestor inteligente de energía:

Dimensiones DIN 411494 Carta doble Europa 6U 12E

Autoconsumo (W) < 0,5

Tensión nominal de baterías Ucc.N(V) 48

Rango de capacidad de baterías

Ah) 50...4000 C100

Tensión de carga de ecualización (25°) US (V) ajustable, corregido por temperatura

Tiempo de carga completa US (min) 11-176 Determinado automáticamente

Tensión de flotación (25°) UF (V) Determinado automáticamente

Visualización de estado 1 LED bicolor

Visualización de datos Muchos parámetros visibles en tiempo real, como:

- Tensión de baterías (V)
- Todos los flujos de energía relevantes
- Índice de carga de baterías
- Y otros parámetros

Señales de salida TApS-BUS, control cargador exterior, control ondulador exterior



Adquisición de datos:

Registro de datos integrado

Medida de datos Permanente

Parámetros registrados:

- Asoleo
- Todos los flujos de energía relevantes
- Tensión de batería e índice de carga
- Otros parámetros

Frecuencia de registro cada hora y cada mes

Periodo máximo de registro

>1 año para datos horarios

>10 años para datos mensuales

Transmisión de datos Puerto serie RS232 ó módem

Rastreador MPP:

Dimensiones DIN 411494 Carta doble Europa 6U 12E

Autoconsumo (W) < 0,5

Periodo de rastreo MPP (s) 2

Control de carga de batería: Controlado por el gestor inteligente de energía, carga PWM en tres etapas.

Tensión de campo FV máxima permitida: 63V. La tensión en circuito abierto tiene que ser próxima a este valor

Tensión de campo FV mínima recomendada: 24 V. La tensión de MPP tiene que ser próxima a este valor.

Máxima corriente de cortocircuito por módulo I_{max}: 50 A. La corriente de cortocircuito tiene que tener aproximadamente este valor

Display de estado LED: Rastreador funcionando

Interconexión rastreadores MPP: Campos FV independientes



5. **Cargador externo:** Se verificó que la transferencia automática generador fotovoltaico-generador diesel no se hacía de forma automática. Dadas la precaria situación en cuanto a materiales y conocimientos no se pudo solucionar el problema y se decidió que el cambio siguiera siendo manual. Si se comprobó, tal y como dijeron los técnicos, que el cable de corriente carga desde el cargador hacia las baterías se calentaba en exceso a la vez que se verificó que la corriente de carga estaba dentro de los valores establecidos

Operaciones realizadas:

- Verificación de cableado interior
- Verificación de corriente de carga.
- Instalación de un nuevo cable (añadiéndolo al existente) para evitar calentamientos excesivos durante los periodos de carga de las baterías.

Dispensadores/contadores: Se visitaron las viviendas donde se ubicaban los contadores-dispensadores de energía (ver apartado de operación) y se pudo comprobar visualmente la información proporcionada por Juan Galarza- técnico y proyectista del proyecto técnico- relativa a los mismos. Todos los contadores estaban puenteados, dejando a un margen un sistema tarifario y de distribución de energía que en ningún momento fue del agrado de los usuarios. En el capítulo de evaluación se hablará más extensamente sobre esto. Por el momento no se interfirió al respecto al tratarse de un tema de una elevada sensibilidad para los pobladores de la isla.

4.2-CAPACITACIÓN DE TÉCNICOS LOCALES

Ésta era, en un principio, la columna vertebral del proyecto. Basándose en las indicaciones recibidas antes de la partida, las expectativas del curso y los conocimientos que se pensaban transmitir, se preparó la documentación necesaria para su ejecución. Sin embargo, una vez allí y dadas las peculiares condiciones que se encontraron, fue necesaria la reelaboración del temario y el comienzo por conceptos mucho más básicos. La estructuración de la formación fue la siguiente:

1. **Análisis de los conocimientos de los operarios:** Se charló informalmente con los operarios acerca de la formación que habían recibido con anterioridad, se les preguntó por la forma en la que gestionaban el sistema y se realizó un seguimiento de su trabajo acompañándoles durante unos días mientras realizaban su labores, consiguiendo así la información necesaria para poder enfocar el curso de manera que fuera algo productivo y acorde a sus necesidades.
2. **Formulación del temario y contenidos del curso:** Una vez conocidas las capacidades y conocimientos de los operarios se evaluaron sus necesidades y



acorde a estas se definió el temario y contenidos del curso. Éstos fueron definidos de manera que el curso fuera lo más productivo posible.

3. **Ejecución del curso:** Una vez se tenían los contenidos establecidos se procedió a la transmisión de los mismos. Se asignó para el curso una duración de dos meses durante 3 horas al día, comenzando por una formación en electricidad básica y avanzando hacia una formación específica en sistemas fotovoltaicos. Por otra parte se realizó una formación en la elaboración de documentos para informar acerca del estado del funcionamiento del sistema e incidencias en el mismo a la empresa eléctrica responsable.

Como resultado de este proceso de definición del curso según las necesidades y carencias detectadas, se decidió que los contenidos teóricos del curso de formación debían estar claramente orientados al sistema que más adelante ellos mismos deberían gestionar. Es por eso que cada uno de los módulos en los que está estructurado el curso hace clara referencia al sistema híbrido fotovoltaico-diesel instalado en la isla Floreana.

Dado que no se ha considerado necesario, debido a su simplicidad en muchos casos, mostrar el contenido completo del curso de formación, se muestra a continuación una breve descripción de los contenidos del mismo:

- MODULO 1: Electricidad Básica:
 - Corriente continua.
 - Corriente alterna.
 - Corrientes que aparecen en los diferentes equipos de un sistema fotovoltaico.
 - Ondulador o inversor.
 - Rectificador.
 - Módulo fotovoltaico.
 - Baterías.
 - Generador auxiliar.
- MODULO 2: Módulos fotovoltaicos:
 - Célula solar.
 - Conexionado
 - Características.
 - Mantenimiento.



- **MÓDULO 3: Regulador fotovoltaico:**
 - Definición.
 - Funcionamiento.
 - Funciones.
- **MÓDULO 4: Ondulador o inversor:**
 - Definición.
 - Configuración.
 - Onduladores de Floreana.
- **MÓDULO 5: Acumuladores o baterías:**
 - Definición.
 - Constitución de una batería.
 - Capacidad de un acumulador.
 - Tensión y corriente de carga.
 - Tensión y corriente de descarga.
 - Medida de la carga.
 - Mantenimiento.
- **MÓDULO 6: Aerogeneradores:**
 - Definición.
 - Funcionamiento.
 - Partes de un aerogenerador.
- **EVALUACIÓN:** La evaluación del curso fue una exigencia de la compañía eléctrica ELECGALÁPAGOS, responsable de los técnicos locales de la isla Floreana. A pesar de que por parte de los integrantes del proyecto “Floreana con luz propia” no se consideraba necesario, se accedió a las demandas de la empresa local, dado que era ella una de las entidades que soportaba el déficit económico actual del sistema eléctrico de la isla. Por ello se redactó un examen dirigido a los dos operarios de la isla: Roberto Pallo y Holge Vera. Este examen consistía en un simple cuestionario completamente basado en los contenidos del curso que se entregó en mano a los operarios dándoles un tiempo de dos días para devolverlo correctamente rellenado. Como se podía esperar, los dos operarios superaron con éxito la prueba.

Hasta este momento, en este apartado de capacitación de técnicos locales, sólo se ha hablado de la formación teórica. Esto es porque toda la formación relacionada con el manejo del sistema se considera incluida dentro de los apartados de “Puesta a punto del Sistema” y “Operación y mantenimiento”,



puesto que los operarios estuvieron presentes en cada una de las acciones llevadas a cabo en todas las actuaciones definidas en estos capítulos y lógicamente todo ello formó parte activa de su formación.

4.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La operación y mantenimiento del sistema, una vez realizada la puesta a punto y la formación teórica de los técnicos locales terminada, se convierte en un elemento de vital importancia para asegurar la continuidad del proyecto, y por tanto del abastecimiento energético en la totalidad de la isla. Antes de entrar en las tareas de mantenimiento se hace inevitable hablar del funcionamiento de cada uno de los equipos instalados y de su modelo de operación.

4.3.1 OPERACIÓN

4.3.1.1 LA CENTRALITA

4.3.1.1.1 El funcionamiento de la centralita

La centralita es el equipo central que gestiona la generación y consumo de energía de la instalación.

Toda la Centralita está controlada por el gestor inteligente de energía. Esta tarjeta contiene el algoritmo inteligente de control de baterías y el sistema de monitorización. A continuación se explica el funcionamiento de la Centralita siguiendo el flujo de energía desde el campo fotovoltaico hasta los equipos de consumo del usuario.

La energía proveniente del campo fotovoltaico pasa por los reguladores-rastreadores, antes de la carga de la batería. Estos tienen dos tareas:

1. Ajustar la tensión del campo fotovoltaico a su valor óptimo para conseguir el máximo rendimiento del mismo, efectuando un rastreo del punto de máxima potencia de generación.
2. Cargar la batería a una tensión bien definida, según los requerimientos del gestor inteligente de energía.

Los rastreadores son las tarjetas siguientes a la izquierda del gestor inteligente de energía.

La corriente pasa luego por una pequeña resistencia, cuya caída de tensión sirve al gestor inteligente de energía para controlar la entrada de energía solar.

Esta energía solar es almacenada en las baterías, o pasa directamente por los onduladores para ser consumida por el usuario.

Como se puede ver en la figura 12, el ondulator consiste en una tarjeta de control (primera tarjeta a la izquierda) y las etapas de potencia (las siguientes tarjetas). En la



IFMGS1a existen dos armarios de onduladores. En la **IFMGS1b** existe solo 1 armario de onduladores.

4.3.1.1.2 Puesta en marcha de la centralita.

Se da tensión a la Centralita cerrando el magnetotérmico de baterías. En este momento el microprocesador de la Centralita se pone en funcionamiento y se puede pasar a verificar las diferentes lecturas según las instrucciones del Manual del Usuario.

4.3.1.1.3 Opciones de configuración

Estos valores se configuran con el programa GIFA con un ordenador portátil. Esta operación solo se podrá realizar por un técnico capacitado. (Ver Anexo IV GIFA)

4.3.1.1.4 Activación del suministro a 110Vac.

La Centralita tiene dos modos de funcionamiento:

- **Ondulador parado:** los onduladores no suministran energía. Este modo está previsto para ausencias largas. Después de ser instalada, la Centralita está en este modo de trabajo.
- **Ondulador activado:** Este es el modo normal de operación y se activa pulsando la tecla 1 del gestor inteligente de energía. Hay un ondulador de 20 W, que da siempre servicio a 110V ca. Cuando se detecte una carga, las etapas de potencia se conectarán automáticamente de manera secuencial para suministrar la potencia.

4.3.1.1.5 Comunicaciones.

La Centralita TApS realiza una adquisición de datos de los principales parámetros de funcionamiento del sistema. Para poder volcar y analizar estos datos será necesario comunicarse con la Centralita mediante un ordenador. La comunicación entre el ordenador y la Centralita se efectúa a través de un cable RS-232 (9 pins, macho-hembra, conectados pin a pin), que se conecta a uno de los puertos de comunicaciones del ordenador por un extremo, y al puerto de comunicaciones de la Centralita por el otro.

En el gestor inteligente de energía se guardan los datos más significativos con el fin de verificar el funcionamiento de la instalación. Hay datos cada hora y datos cada mes.

- Los datos **horarios** son diseñados para estudiar el funcionamiento del sistema y el servicio proporcionado al usuario. En la memoria hay espacio para más de 12 meses de datos horarios.
- Los datos **mensuales** son diseñados para evaluar la calidad del servicio proporcionado al usuario. En la memoria hay espacio para más de 20 años de datos mensuales.



La tabla muestra los datos grabados en el gestor inteligente de energía de la Centralita TApS modular.

Mediante el programa informático GIFA (“Gestión de Instalaciones Fotovoltaicas Autónomas”), y una vez conectada la Centralita con el ordenador mediante el cable RS-232, se pueden realizar las siguientes funciones:

- volcar (transferir los datos almacenados en la memoria de la Centralita al ordenador),
- configurar (cambiar algún parámetro de funcionamiento de la Centralita),
- visualizar los datos registrados,
- graficar (gráficas diarias, semanales y anuales del histórico de los datos)
- visualización del estado del sistema en tiempo real.

Para más detalles sobre el funcionamiento del programa GIFA y sus especificaciones consultar el Anexo 5: GIFA (Gestión de Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas)

4.3.1.1.6 Indicadores de la centralita.

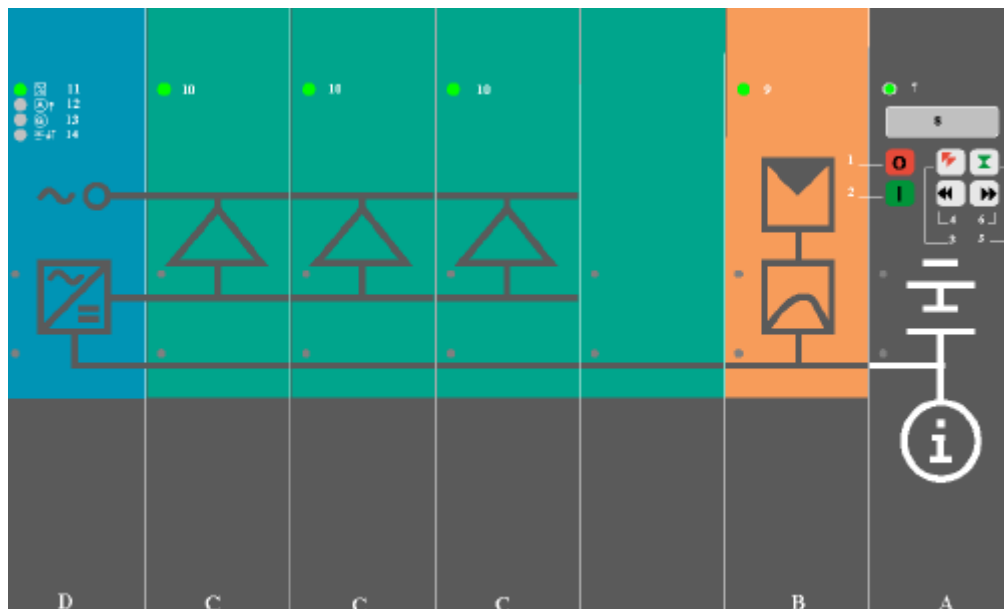


Figura 12: Indicadores y pulsadores de la centralita

Avisos espontáneos del supervisor (Piloto 7)

Si el piloto está encendido en color rojo, hay alguna situación irregular con el sistema, mientras el color verde indica una situación positiva. Si este piloto es intermitente, hay que hacer alguna acción por parte del usuario.

Campo fotovoltaico en funcionamiento (Piloto 9).



El color verde indica que el regulador y el campo fotovoltaico están generando energía.

Etapas de potencia en funcionamiento (Piloto 10).

La etapa de potencia está funcionando porque hay algún consumo importante conectado.

Onduladores activados (Piloto 11).

El color verde indica que hay servicio de corriente alterna habitual.

Exceso de consumo en corriente alterna (Piloto 12)

Si el piloto está rojo, indica que se ha sobrepasado la potencia máxima de consumo (demasiados aparatos funcionando simultáneamente). Esta alarma está acompañada de un aviso acústico y, si permanece en esta situación durante más de 30 segundos, se desconecta el ondulator. Para restablecer el funcionamiento hay que desconectar los consumos excesivos y, a continuación, apagar el ondulator (pulsador 1) y volverlo a encender (pulsador 2).

Error tensión de baterías (Piloto 14).

Si la tensión de baterías baja por debajo de un umbral de seguridad, el ondulator se desconecta totalmente y se enciende el piloto 14. En este caso es necesario cargar la batería urgentemente.

Después, para restablecer el funcionamiento, hay que apagar el ondulator (pulsador 1) y volverlo a encender (pulsador 2).

El gestor inteligente de energía:

El gestor inteligente de energía controla el funcionamiento de toda la instalación, es el “cerebro” de la centralita. Tiene una pantalla donde aparecen los mensajes. Estos pueden ser avisos, la pantalla de inicio, o pantallas de los menús.

A continuación se muestra una tabla que se proporcionó a los operarios locales con el fin de facilitar la actuación a llevar a cabo según el mensaje mostrado en el display del gestor inteligente de energía.

Aviso espontáneo	Descripción y Acción recomendado
BATERIA ENVEJECIDA	La batería está en mal estado. Avisar al servicio de mantenimiento.
ERROR de TENSION	La tensión de batería está fuera de rango. Cargar urgentemente la batería. Hay que parar el ondulator y arrancarlo para tener



PARAR Y ARRANCAR	servicio.
CORTOCIRCUITO PARAR Y ARRANCAR	Hay un corto circuito en el lado de la demanda y el ondulator se ha parado. Localizar y eliminar el cortocircuito. Parar el ondulator y arrancarlo para tener servicio.
SOBRECORRIENTE PARAR Y ARRANCAR	Demasiados consumos conectados a la vez. Quitar el consumo con más potencia. Parar el ondulator y arrancarlo para tener servicio.
BATERIA AGOTADA CARGUEN	No queda carga en la batería, y por esto los consumos están desconectados. Cargar urgentemente la batería
NO DISPONIBLE ESPEREN	Se ha agotado la energía a disposición. Esperar hasta que el supervisor le asigne más energía.
BATERÍA BAJA CARGUEN	Queda muy poca carga en la batería. Cargar la batería o reducir consumos para permitir que se cargue la batería.
CARGA COMPLETA NECESARIA	En el último mes, la batería ha recibido una carga completa sólo en 3 días. Reducir consumos para permitir una carga completa de la batería.
CARGA RECOMENDADA	Para un buen cuidado de la batería, permitir que se cargue la batería.
EXCESO ENERGÍA APROVECHE AHORA	La batería no puede absorber toda la energía que se genera en este momento: Es un buen momento para consumir.
EQUALIZACIÓN FINALIZADA	Hoy las baterías se han cargado completamente.

Tabla 2: Avisos del gestor inteligente de energía

A través del gestor inteligente se pueden realizar la práctica totalidad de las operaciones necesarias, incluyendo la modificación del algoritmo de carga de las baterías, la configuración de los umbrales tensión, o la realización de una carga súper.



El regulador-rastreador fotovoltaico:

El Regulador Rastreador carga las baterías de 48 Vcc nominales con la corriente del campo fotovoltaico. Contiene un convertidor elevador de tensión, que le permite buscar electrónicamente el punto de máxima potencia del campo FV para obtener un rendimiento máximo. Los paneles fotovoltaicos se conectan a 36 Vcc de tensión nominal. Esto supone la ventaja adicional, desde el punto de vista de seguridad a las personas, de que ni en el peor de los casos (circuito abierto), el campo fotovoltaico sobrepasará los límites reglamentarios de “muy baja tensión”.

Dispone de un indicador luminoso verde, encendido continuamente significa está funcionando y cargando las baterías.

El rastreo es del tipo MPPT por Modulación de Ancho de Pulsos (PWM), siendo un sistema más eficaz que el convencional serie, shunt, o PWM clásico ya que al ser elevador en cualquier situación encuentra el punto de máxima potencia de la energía proveniente de las placas fotovoltaicas y permite, además, mantener una tensión constante en la etapa de carga en flotación.

Esta prestación permite la instalación de un menor número de paneles fotovoltaicos para

Obtener los mismos resultados que si se utiliza un regulador convencional.

Cada regulador rastreador es para campos fotovoltaicos de hasta 2.000 Wp y su rango de tensión admisible de 24 a 63 Vcc y de 40 A de corriente de paneles. La capacidad máxima por armario es de hasta 6 unidades.

El ondulator o inversor:

1) Componentes

El ondulator consta de tres partes, el módulo electrónico enchufable de control, los módulos enchufables etapa de potencia y los transformadores. La etapa de potencia convierte la tensión continua en alterna y el transformador la adecua al valor deseado en la salida.

2) El módulo electrónico enchufable de control (D)

El control ondulator controla la conversión de la corriente continua de la batería a corriente alterna. Esta corriente tiene una onda puramente senoidal, que es de la misma calidad que la de la red eléctrica convencional. Es por ello que en el ondulator puede usarse cualquier tipo de aparato electrodoméstico. La única limitación es la potencia del ondulator y la energía disponible en las baterías. Este módulo incorpora también un pequeño ondulator piloto de 20 W.

El indicador luminoso verde indica que el ondulator está activado. En función de la potencia de los consumos, el control enciende o apaga secuencialmente las etapas de



potencia. Si el consumo es menor que 20 W, todas las etapas de potencia se apagan para reducir el autoconsumo al mínimo.

3) Etapa de Potencia de ondulator (C)

Las etapas de potencia transforman la energía de baterías en tensión alterna senoidal. Cada etapa de potencia tiene un indicador luminoso verde que indica su funcionamiento correcto. Si el indicador está apagado, significa que la etapa está parada o averiada.

Cada etapa es de una potencia de 1.200 W. Si, por ejemplo, disponemos de tres etapas de 1.200 W, podemos conectar consumos hasta una potencia de 3.600 W.

Cuando el control detecta consumos, conecta instantáneamente la totalidad de las etapas de potencia permitiendo una corriente de arranque elevada. Si no se necesitan todas las etapas, éstas se paran progresivamente, obteniendo con ello un mejor rendimiento instantáneo al evitar pérdidas en el funcionamiento innecesarias.

La modularidad en etapas de potencia permite una gran flexibilidad de potencias y una gran agilidad ante cualquier eventualidad, evitando paros innecesarios, ya que se dispone de una redundancia de potencia.

Si hay un exceso de consumo, o en el ambiente del ondulator hace mucho calor, o los consumos tienen un mal factor de potencia, el ondulator puede detectar exceso de corriente, entonces da una señal acústica durante 20 s. Si no se resuelve la situación, el ondulator se desconecta e intenta varios rearmes automáticamente. Si la situación persiste, se bloqueará. Para activar nuevamente el ondulator deberemos desconectar los consumos y rearmar el ondulator mediante el pulsador.

4) Transformador.

El transformador es el encargado de convertir la tensión alterna proveniente de la unidad electrónica de potencia al valor deseado de salida.



Figura 13: Transformador del inversor



4.3.1.2 EL GRUPO ELÉCTRÓGENO

El grupo electrógeno se puede usar para cargar las baterías, o directamente para el suministro de energía

El grupo electrógeno se debe usar en los siguientes casos:

1. Si se ha producido una desconexión por batería baja (Batería agotada, error de tensión), hay que cargar urgentemente la batería. Si no se va a estropear.
2. Cuando hay un aviso de batería baja del supervisor (Batería baja, carga recomendada) hay que cargar la batería el mismo día o en la mañana del día siguiente. Un buen momento de una carga con grupo es en la mañana: así se cargan las baterías con la fuerza del grupo y al mediodía el campo FV hace el final del proceso de carga (que necesita poca corriente, pero tiempo).
3. Cuando hay un aviso del supervisor recomendando una carga completa (Carga completa necesaria) hay que dar la posibilidad a la batería de conseguir una carga completa. Hay dos posibilidades para conseguir una carga completa:
 1. Cargando la batería en la mañana siguiente con el grupo, para que luego las placas FV completen la carga de la batería.
 2. Reducir consumos durante el día y el día siguiente, para que luego las placas FV completen la carga de la batería.

Cuando se utiliza el grupo por otros motivos, siempre es recomendable aprovechar para cargar las baterías.

También existe la posibilidad del uso directo del grupo. La instalación tiene un conmutador, que conecta los consumos directamente al grupo electrógeno en vez del ondulator de la centralita. Esto puede ser necesario cuando:

- Hay consumos cuya potencia es mayor que la del ondulator.
- El índice de carga de batería es bajo y se requiere un consumo importante. El mejor momento para el uso directo del grupo son momentos de máximos consumos y menor generación fotovoltaica (al oscurecer).

4.3.1.3 EL CARGADOR EXTERNO DE BATERÍAS.

El principio de funcionamiento del cargador externo de baterías consiste en la transformación de la tensión alterna de entrada, previamente acondicionada mediante un filtro de línea, a una tensión continua una vez transformada, rectificada y controlada.

A través de unos transistores de acción rápida de altas prestaciones y partiendo de la tensión continua de 325 VDC se genera mediante un conversor DC/DC una tensión

alterna a 40 KHz, rectificadora posteriormente por medio de diodos ultrarrápidos y acondicionada mediante un eficiente sistema de filtrado.

Un transformador de potencia especial, que separa galvánicamente la entrada de la salida, reduce la tensión alterna al valor requerido para la generación de la tensión continua finalmente deseada.

La tensión y corriente de salida están controladas por modulación de ancho de pulsos de los transistores situados en el primario del transformador.

Un interruptor estático situado a la salida del cargador externo, es el responsable de desconectar las baterías cuando se alcanza la tensión mínima de descarga, en aquellas fuentes que dispongan de autonomía.

Digitalmente se controlan las constantes vitales de la fuente a través de un microprocesador que, además, es el encargado de gestionar los ajustes y medidas visualizables incorporando un display LCD.

4.3.1.4 GENERADORES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES

Los generadores fotovoltaicos individuales son, posiblemente, los sistemas que mejor resultado están dando de todos cuantos se instalaron en la isla.

4.3.1.4.1 Controlador de carga

El controlador de carga tiene algunas luces LED que indican el estado de carga del sistema:

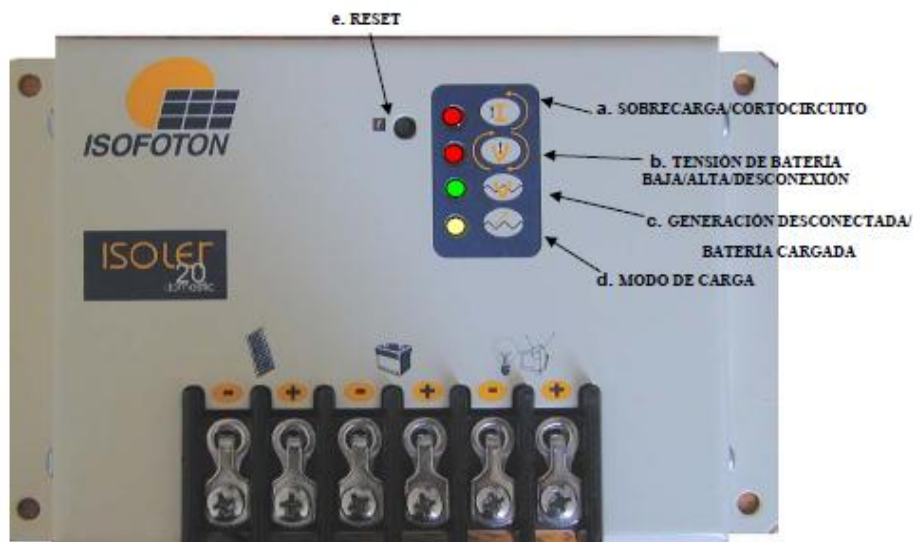


Figura 14: Controlador de carga GFI

a- SOBRECARGA/CORTOCIRCUITO (rojo): Parpadea mientras haya exceso de corriente en la generación o en el consumo. Se queda encendido cuando se ha producido



un cortocircuito en el consumo o ha transcurrido 3 segundos con corriente excesiva. Cuando se enciende este LED la etapa correspondiente (generación y/o consumo) queda desconectada hasta que se pulse RESET

Si se ha producido una sobrecarga/cortocircuito en la línea de consumo, antes de actuar sobre el pulsador de RESET, el usuario deberá disminuir sus consumos a la corriente máxima del regulador o eliminar el cortocircuito.

b- Tensión de Batería BAJA/ALTA/DESCONEXIÓN (rojo): Parpadea cuando la tensión de batería es baja o alta. Para diferenciar entre ambas alarmas habrá que consultar el LED “generación desconectada”. Si este LED está activado, indicará que la alarma señalizada es la de “tensión alta”, de lo contrario será la de “tensión baja”.

La señalización de batería baja nos informa de que en breve se producirá la desconexión de los consumos, por lo que el usuario deberá minimizar o desconectar el consumo si desea recuperar rápidamente la capacidad de la batería.

La alarma de batería alta nos indica que el regulador no está actuando adecuadamente y conviene informar inmediatamente a su instalador.

El LED se queda fijo cuando la tensión se encuentra por debajo de un valor crítico más de 10 segundos, produciéndose la desconexión del consumo. El consumo se restablecerá automáticamente cuando la capacidad de la batería se haya restaurado a un cierto nivel.

c- GENERACIÓN DESCONECTADA/BATERÍA CARGADA (verde): Se enciende cuando la etapa de carga está abierta. Esto sucede durante la fase de flotación e igualación y significa que la batería se encuentra cargada. Cuando el generador vuelve a cargar se apaga, por lo que tanto en flotación como en igualación este LED estará parpadeando con una frecuencia que dependerá de la corriente de carga y del consumo conectado.

d- MODO DE CARGA (amarillo): Indica la fase de carga mediante sucesivos encendidos, según el siguiente código:

- Un encendido: Flotación
- Dos encendidos: Carga profunda
- Tres encendidos: Igualación.

4.3.1.4.2 Ondulador DC/AC (Inversor)

El ondulador convierte la corriente continua almacenada en la batería en corriente alterna de 110 Voltios 60 Hz (onda sinusoidal pura).

Se muestra a continuación una tabla que muestra los posibles fallos en el funcionamiento de la instalación y las medidas a tomar en cada caso.



FALLA	CONSECUENCIA	SOLUCIÓN
Tensión de batería baja $V < 1.8$ V/cel.	El ondulator se apaga, el indicador verde parpadea.	Rearme automático una vez que la tensión sube.
Descarga profunda de la Batería $V < 1.5$ V/cel.	El ondulator se apaga automáticamente.	El ondulator se debe rearmar manualmente una vez que la batería alcance 2 V/cel.
Sobrevoltaje de la batería.	Sobrevoltaje de la batería El ondulator se apaga automáticamente.	Esperar a que el voltaje baje a rangos normales. Presionar el interruptor ON/OFF para reactivar el ondulator.
Corto circuito en la línea de salida.	El ondulator se apaga automáticamente.	Arreglar el corto circuito. Presionar el interruptor ON/OFF para reactivar el ondulator.
Sobrecarga.	El ondulator se apaga automáticamente.	Usar el ondulator solamente para las cargas apropiadas. Presionar el interruptor ON/OFF para reactivar el ondulator.
Inversión de la polaridad de la batería.	Fusible interno se abre.	Llevar al servicio técnico para verificación.

Tabla 3: Posibles fallos en la instalación

4.3.2 MANTENIMIENTO

Se creó un plan de mantenimiento sencillo, apoyado por unas hojas de evaluación y toma de datos y notas. A la hora de realizar este plan se tuvo en cuenta tanto los conocimientos como la motivación de los técnicos locales. Se puso especial énfasis en hacerles valorar la importancia de su trabajo para la vida del resto de moradores de la isla, motivándoles lo más posible para que no abandonaran sus labores.

Este plan de mantenimiento refleja las actuaciones que deben realizarse para asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros principales para verificar que la instalación funciona y lo hace correctamente.



4.3.2.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

4.3.2.1.1. Microrred de Puerto Velasco Ibarra.

DIARIAMENTE.

Responsable: operador de Floreana

Se deberá llevar una bitácora donde se anoten todas las novedades y observaciones con fecha, hora y firma de responsabilidad.

El operador deberá realizar todos los días, a primera hora de la mañana, una revisión visual de todos los indicadores, tanto del display remoto como del display de las centralitas del sistema A y B. Deberá tomar nota de los parámetros más importantes.

Igualmente deberá realizar una observación visual de las baterías para tomar nota de cualquier novedad.

Se deberá registrar por escrito todas las ocasiones en que se prendió el grupo electrógeno y los justificativos respectivos.

MENSUALMENTE

Responsable: operador de Floreana

El operador deberá:

- Revisar el nivel del electrolito de las baterías. Si es necesario reponer con agua destilada solamente.
- Medir la densidad del electrolito y comparar con la indicación del índice de carga de las mismas.
- Mantener las centralitas limpias, libres de polvo y humedad. Revisar que no existan obstrucciones en los ventiladores.
- Realizar la limpieza del vidrio del destilador solar

SEMESTRALMENTE

Responsable: operador de Floreana

El operador deberá limpiar los paneles fotovoltaicos: usar solo agua y un trapo suave. No utilizar detergentes o abrasivos.

Revisar que no existan puntos de corrosión en las estructuras, tanto de las cubiertas como en las estructuras portapaneles.

Realizar la limpieza de las bandejas del destilador solar.



Responsable: técnico de Elecgalápagos S.A.

Volcar los datos de la centralita a un ordenador portátil para registrar los datos de generación, consumo y otros parámetros.

ANUALMENTE

Responsable: técnico de Elecgalápagos S.A.

Realizar un ensayo de potencia para comprobar que todas las etapas de potencia están entregando los valores nominales.

Verificar que la carga de los paneles fotovoltaicos sea correcta a través de los rastreadores-reguladores.

Revisar todas las conexiones, ajustar de ser necesario.

Comprobar los valores de la configuración de los sistemas.

Verificación del correcto funcionamiento de los indicadores de las centralitas y de sus periféricos.

Verificación de las conexiones a tierra, tanto de estructuras metálicas, como marcos y armarios.

4.3.2.1.2. Sistemas Aislados.

MENSUALMENTE

Responsable: operador de Floreana

El operador deberá:

- Revisar el nivel del electrolito de las baterías. Si es necesario reponer con agua destilada solamente.
- Medir la densidad del electrolito y comparar con la indicación del índice de carga de las mismas.
- En los sistemas individuales comparar la densidad del electrolito con el estado de carga indicado en el regulador de carga.
- Mantener las centralitas limpias, libres de polvo y humedad. Revisar que no existan obstrucciones en los ventiladores.

SEMESTRALMENTE

Responsable: operador de Floreana.



El operador deberá limpiar los paneles fotovoltaicos: usar solo agua y un trapo suave. No utilizar detergentes o abrasivos.

Revisar que no existan puntos de corrosión en las estructuras metálicas.

Reajustar los pernos de las aspas del aerogenerador.

Poner grasa de litio en los bujes del aerogenerador.

Responsable: técnico de Elecgalápagos S.A.

Volcar datos de las centralitas de Las Palmas y La Primavera en el ordenador portátil.

ANUALMENTE

Responsable: técnico de Elecgalápagos S.A.

Realizar un ensayo de potencia para comprobar que todas las etapas de potencia están entregando los valores nominales. En los sistemas individuales comprobar que la potencia entregada por el inversor es correcta.

Verificar que la carga de los paneles fotovoltaicos sea correcta a través de los rastreadores-reguladores.

Revisar todas las conexiones, ajustar de ser necesario.

Comprobar los valores de la configuración de los sistemas.

Verificación del correcto funcionamiento de los indicadores de las centralitas y de sus periféricos.

Verificación de las conexiones a tierra, tanto de estructuras metálicas, como marcos y armarios.

4.3.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Cualquier reparación debería hacerla un electricista calificado, después de parar el ondulator y que se haya desconectado el campo fotovoltaico, cualquier entrada de energía y la batería. Teniendo en cuenta los precarios accesos a la isla y que un error en alguna de las tarjetas susceptibles de ser reemplazadas puede echar abajo el suministro eléctrico en la isla, se hace necesaria la formación de los técnicos locales en este ámbito.

Para realizar la desconexión, seguir este procedimiento:

1. Desconectar todos los magnetotérmicos de los campos fotovoltaicos.
2. Desconectar cualquier otra fuente de energía auxiliar (cargador de batería, turbina, aerogenerador, etc.).



3. Desconectar el magnetotérmico de batería.

Nunca tener desconectado el interruptor de la batería si alguna otra fuente de energía está conectada

Todas las conexiones y medidas de seguridad deberán estar de acuerdo con la legislación y regulaciones locales vigentes.

La concepción modular estandarizada de la Centralita permite una substitución parcial de las tarjetas a partir de un inventario mínimo.

Para llevar a cabo la sustitución de una tarjeta averiada se deben realizar los siguientes pasos:

1. Parar el ondulator y cargadores externos.
2. Desconectar los interruptores de los campos fotovoltaicos.
3. Desconectar los interruptores de otras fuentes de energía (cargadores externos).
4. Desconectar el interruptor del circuito de baterías.
5. Retirar los tornillos de la parte inferior, retirar la caja exterior.
6. Extraer la tarjeta averiada desatornillando previamente los tornillos que la sujetan.
7. Introducir la tarjeta de recambio o efectuar la reparación conveniente.
8. Volver a colocar la caja exterior.
9. Conectar el magnetotérmico de baterías.
10. Conectar los magnetotérmicos de los campos fotovoltaicos y otras fuentes de energía.
11. Probar el funcionamiento.

4.3.2.3 PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Para facilitar las tareas de mantenimiento a los operadores de la isla, se realizaron los siguientes cuadros, se les dio una copia a cada uno de ellos, se puso una copia en la sala de los equipos y se envió otra copia en soporte informático a los técnicos de ELECGALÁPAGOS.



EDIFICIO MULTIUSOS

DIARIO	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
A primera hora de la mañana realizar una revisión de todos los indicadores, tanto del display remoto como del display de las centralitas de los sistemas A y B. Deberá tomar nota de los parámetros más importantes.	Revisar el nivel de electrolito de las baterías. Si es necesario reponer con agua destilada.	Limpiar los paneles fotovoltaicos. Usar sólo agua y un trapo suave. No utilizar detergentes abrasivos	Realizar un ensayo de potencia para comprobar que todas las etapas están entregando los valores nominales. Rotar las tarjetas de potencia.
Realizar una observación visual de las baterías para tomar nota de cualquier novedad. Mirar niveles, derrames, sedimentos, etc.	Medir densidad del electrolito y comparar con la indicación del índice de carga de las baterías. Verificar que sean lecturas consistentes.	Revisar que no existan puntos de corrosión en las estructuras, tanto de las cubiertas como en las estructuras portapaneles. Si es el caso, limpiar y pintar con pintura anticorrosiva.	Verificar que la carga de los paneles fotovoltaicos sea correcta a través de los rastreadores-reguladores. Medir voltaje de circuito abierto y corriente de carga.
Se deberá registrar por escrito todas las ocasiones en que se prendió el grupo electrógeno y la justificación correspondiente.	Mantener las centralitas limpias, libres de polvo y humedad. Revisar que no existan obstrucciones en los ventiladores.	Volcar los datos de las centralitas a un laptop para registrar los datos de generación, consumo y otros parámetros.	Revisar todas las conexiones: cajas de arreglos fotovoltaicos, baterías, centralitas, tomas de tierra, externo de baterías, caja de distribución, etc.
	Limpiar el vidrio del destilador solar	Limpiar las bandejas del destilador solar. Comprobar posibles fugas de agua.	Comprobar los valores de la configuración de los sistemas.
			Verificación del correcto funcionamiento de los indicadores de las centralitas y de sus periféricos.
			Reponer vaselina neutra en los bornes de la batería.

Tabla 4: Mantenimiento en Edificio Multiusos

Operador de Floreana	
Técnico de ELEGALÁPAGOS	



SISTEMAS DE LA PARTE ALTA

MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
Revisar el nivel de electrolito de las baterías. Si es necesario reponer con agua destilada.	Limpiar los paneles fotovoltaicos. Usar sólo agua y un trapo suave. No utilizar detergentes abrasivos	Ajustar los pernos del aerogenerador. Poner grasa en los bujes del aerogenerador.
Medir densidad del electrolito y comparar con la indicación del índice de carga de las baterías.	Revisar que no existan puntos de corrosión en las estructuras, tanto de las cubiertas como en las estructuras portapaneles. Si es el caso, limpiar y pintar con pintura anticorrosiva.	Reponer vaselina neutra en los bornes de la batería.
Mantener las centralitas limpias, libres de polvo y humedad. Revisar que no existan obstrucciones en los ventiladores.	Limpiar nidos de avispas, hormigas u otros insectos que puedan obstruir ventilaciones o provocar cortocircuitos	Revisar todas las conexiones: cajas de arreglos fotovoltaicos, baterías, centralitas, tomas de tierra, externo de baterías, caja de distribución, etc.
En los sistemas individuales comparar la densidad del electrolítico con el estado de carga indicado en el regulador de carga.	Volcar los datos de las centralitas de Las Palmas y la Primavera.	Comprobar los valores de la configuración de los sistemas. Verificación del funcionamiento de los reguladores de carga e inversores.
		Realizar un ensayo de potencia para comprobar que todas las etapas están entregando los valores nominales. En los sistemas individuales comprobar que la potencia entregada por el inversor es la correcta
		Verificar que la carga de los paneles fotovoltaicos sea correcta a través de los rastreadores-reguladores. Medir voltaje de circuito abierto y corriente de carga.

Tabla 5: Mantenimiento en los Sistemas de la Parte Alta

Operador de Floreana	
Técnico de ELEGALÁPAGOS	



4.4 COORDINACIÓN DE ENTIDADES

La coordinación del proyecto al más alto nivel está a cargo de un Comité de Gestión formado por representantes de las siguientes instituciones:

- El Parque Nacional Galápagos
- La Asociación SEBA
- ELECGALÁPAGOS
- La Junta Parroquial de Floreana

La ejecución directa del proyecto está a cargo de una Unidad Ejecutora, que está conformada por dos Codirectores, que son: la representante del Parque Nacional Galápagos (Maryuri Yopez) y el representante de SEBA (Ing. Xavier Vallvé), los mismos que pueden ser reemplazados de ser el caso, por sus alternos, señores Saúl Robalino y Emilio Ramírez, respectivamente.

Por debajo de esa Unidad Ejecutora se encuentran una serie de Áreas técnicas, que son quienes llevan el día a día de los trabajos necesarios para la ejecución del proyecto

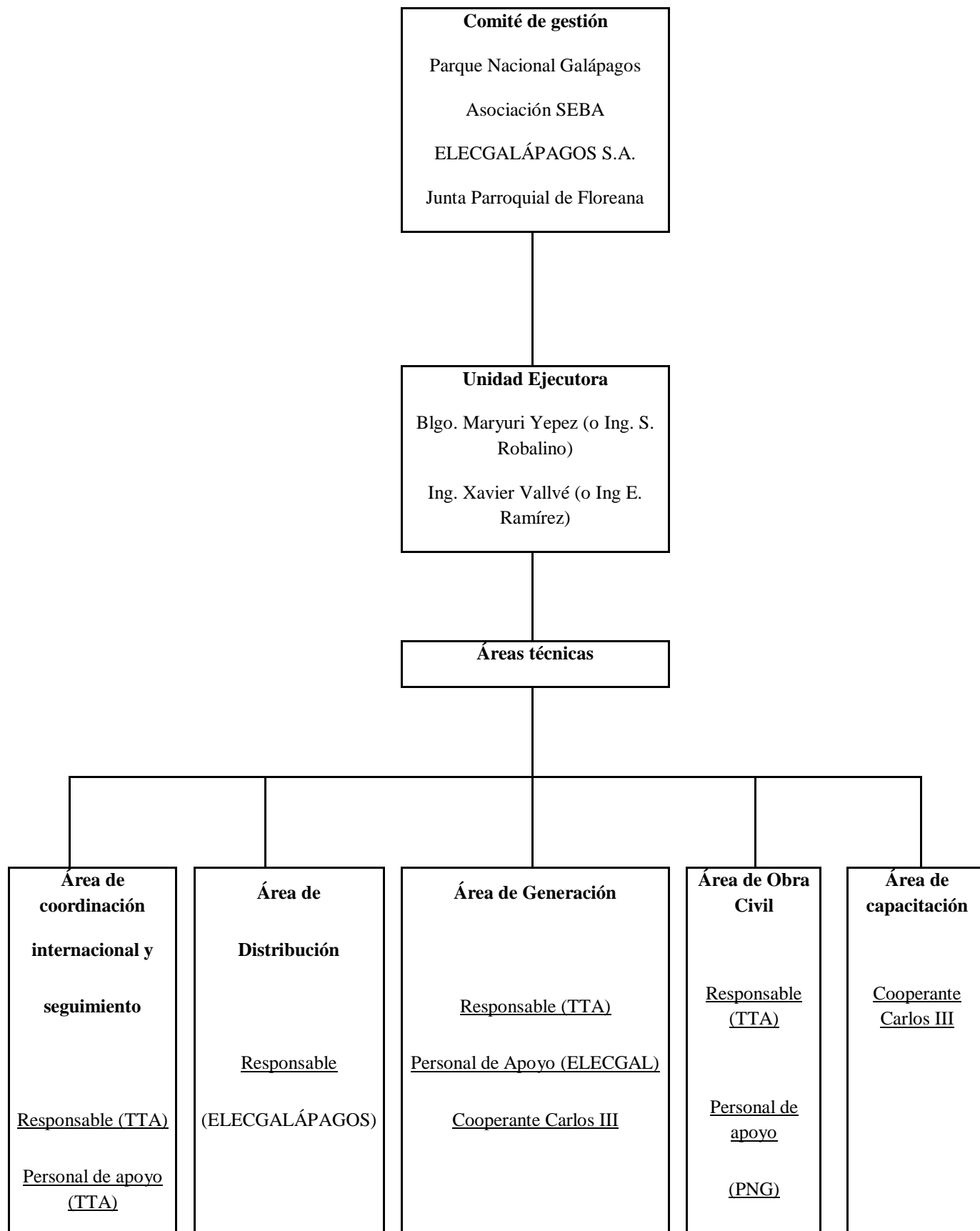


Figura 15: Estructura del PIIPSF



4.4.1 COORDINACIÓN INTERNACIONAL

La coordinación internacional del proyecto está a cargo de la ingeniería y consultoría TTA-Ecuador. Los objetivos de la coordinación internacional son:

- Creación de la estructura legal-financiera necesaria para la ejecución del proyecto
- Elaboración del proyecto-base
- Subcontratación de los trabajos necesarios no efectuados por los miembros del Comité Técnico del Proyecto
- Coordinación general, planificación y control del proyecto
- Establecimiento de baremos de calidad de los equipos generadores
- Adquisición de los equipos de generación según baremos de calidad

4.4.2 SEDE DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS.

La sede para la dirección de obras del Proyecto es un despacho en la sede del Parque Nacional Galápagos. La logística (transporte de materiales y personas) entre islas necesaria para la ejecución del Proyecto cuenta con el apoyo de los efectivos de transporte del Parque Nacional Galápagos, que participa activamente en este Proyecto aportando fondos económicos y servicios en especies.

4.4.3 CIRCULAR INFORMATIVA INTERNA.

El Proyecto informa periódicamente a los actores participantes mediante una Circular informativa Interna. La periodicidad de esta Circular será racionalmente escogida en la medida en que los acontecimientos se sucedan.

4.4.4 COORDINACIÓN EN LA FASE FINAL DEL PROYECTO.

La estructura mostrada anteriormente se ideó y estableció durante los primeros momentos de vida del proyecto. Dada la enorme carga de trabajo de la unidad ejecutora, la lejanía de la sede de TTA respecto a la isla y la poca presencia de dicha empresa en la misma, se solicitó al becario de la Universidad Carlos III (yo, en este caso) una reactivación de los diálogos entre las distintas partes conformantes del proyecto con el objetivo de aclarar las responsabilidades de cada entidad, tratando así de mejorar la gestión del mismo y alcanzar el objetivo final de traspasar de una manera definitiva los bienes materiales a la Junta Parroquial y la operación y mantenimiento del sistema a la empresa eléctrica de Galápagos (ELEGALÁPAGOS)

-Estudio de las responsabilidades y ámbitos de trabajo de las entidades involucradas:

Se recopiló información de las entidades participantes en el proyecto, identificando sus responsabilidades y capacidades. Se evaluó la capacidad de cada una de ellas para



cumplir con la labor que en un principio le correspondía y se empezó a entrar en contacto con sus responsables para ver la opinión que el proyecto les merecía.

-Asignación de responsabilidades: A partir de las conclusiones del estudio anterior se formuló un listado que incluía las responsabilidades de cada una de las entidades participantes, siendo éste validado por las mismas.

- PNG: Realizará el apoyo logístico necesario que se necesite basándose y teniendo en cuenta sus amplias posibilidades e infraestructuras: Almacenaje de bienes, transporte por mar y tierra y uso de sus oficinas para reuniones y asambleas.
- ELECGALÁPAGOS: Se hará cargo de la operación y mantenimiento del sistema eléctrico de la isla y todo lo que ello implique: nóminas de los trabajadores, asistencia técnica a los mismos y apoyo.
- TTA: Realizará cuantas labores de asesoramiento necesite la empresa municipal eléctrica.
- Junta Parroquial de Floreana: Informará periódicamente del funcionamiento del sistema y de la calidad del suministro eléctrico. Los bienes activos estarán a su cargo, haciéndose cargo de los gastos derivados de la reparación o sustitución de cualquiera de ellos, eso sí, apoyándose si lo estima necesario en el Cantón de San Cristóbal (del cual depende directamente)



5. CÁLCULOS DE LOS SISTEMAS INSTALADOS.

Se procederá en este apartado a hacer una evaluación del dimensionamiento del sistema instalado en la Isla Floreana. No va a ser un proceso fácil ya que nunca fueron facilitados los datos del dimensionamiento, es decir, nunca se dijo que consumo se tomó como base para el cálculo de la instalación, ni las horas de funcionamiento previstas del mismo. Por lo tanto este estudio se llevará a cabo justamente al revés de cómo se suele diseñar una instalación fotovoltaica, es decir, a partir de los equipos instalados se tratará de deducir cuales fueron las premisas iniciales. De cualquier manera los datos obtenidos pueden no representar los datos de partida del proyecto puesto que el consumo en la isla ha podido variar ostensiblemente desde que el proyecto comenzó a andar.

El primer e indispensable dato para llevar a cabo este proceso lo obtenemos de la página web del Atmospheric Science Data Center. A través de este centro de datos podemos conocer los valores de la radiación solar en cualquier lugar del mundo. Introduciendo las coordenadas de las Islas Galápagos obtenemos la tabla que se muestra a continuación.



Latitude **-1** / Longitude **-92** was chosen.

	Unit	Climate data location
Latitude	°N	-1
Longitude	°E	-92
Elevation	m	30
Heating design temperature	°C	18.91
Cooling design temperature	°C	26.00
Earth temperature amplitude	°C	2.49
Frost days at site	day	0

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C
January	23.7	84.6%	6.47	100.8	3.1	24.7
February	24.4	87.6%	6.80	100.7	3.1	26.0
March	24.8	86.9%	7.10	100.7	2.7	26.6
April	24.2	88.5%	6.75	100.7	3.0	25.6
May	23.7	85.2%	6.47	100.8	3.6	24.4
June	22.5	84.4%	6.17	100.9	4.1	23.1
July	21.6	83.9%	6.08	100.9	4.1	22.4
August	20.8	84.1%	6.43	101.0	4.2	21.7
September	20.7	82.7%	6.57	101.0	4.3	21.8
October	21.1	81.1%	6.59	100.9	3.8	22.2
November	21.9	79.5%	6.61	100.9	3.6	22.7
December	22.6	82.9%	6.35	100.8	3.5	23.4
Annual	22.7	84.3%	6.53	100.8	3.6	23.7



5.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES.

Los tres sistemas fotovoltaicos individuales instalados en la parte alta de la isla tienen las mismas características:

NOMBRE	UBICACIÓN	GENERACIÓN (Wp)	BATERÍA (C ₁₀₀ Ah)	REGULADOR (A)	ONDULADOR (W)	VOLTAJE (Vcc)
GFI1	Aníbal San Miguel	400	240	20	250	24
GFI2	Iván Moreno	400	240	20	250	24
GFI3	Jesús Vera	400	240	20	250	24

Tabla 6: Resumen de los GFIs

Datos de partida:

Radiación solar diaria sobre superficie horizontal:

$$R_o(\text{mes más desfavorable}) = 6080 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Coeficiente de corrección por inclinación de los módulos fotovoltaicos:

$$K(\beta=15^\circ) = 0,96$$

Factor de seguridad obligatorio a la hora del dimensionamiento de una instalación

$$FS = 1,20$$

Radiación en condiciones estándar de medida:

$$G_{CEM} = 1000 \text{ W/m}^2$$

Profundidad máxima de descarga

$$PD_{\text{máx}} = 0,8$$

Cálculo de la energía que es capaz de generar el conjunto de módulos instalados:

Radiación solar incidente con ángulo $\beta=15^\circ$

$$R(\beta=15^\circ) = R_o \cdot K(\beta=15^\circ) = 5836,8 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Horas solares pico con ángulo de inclinación β

$$HSP_\beta = R(\beta=15^\circ) / G_{CEM} = 5,8368$$

$$E_{\text{generada}} = (P_{\text{generador}} \cdot HSP_\beta) / FS = 1945,6 \text{ Wh/día}$$



Cálculo de la energía que demandaría el sistema:

$$E_{demandada} = E_{generada} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{inv} = 1620,68 \text{ Wh/día}$$

Cálculo del número de días de autonomía de las baterías instaladas:

Se presupone que los encargados del dimensionamiento del sistema dieron por lo menos el 10% de margen a la capacidad de las baterías.

$$N^{\circ} \text{ días autonomía} = (C_{100} \cdot PD_{max} \cdot V_n) / (1,1 \cdot E_{demandada}) = 2,58 \text{ días.}$$

5.2 FINCA LAS PALMAS

NOMBRE	UBICACIÓN	GENERACIÓN (Wp)	BATERÍA (C ₁₀₀ Ah)	REGULADOR (A)	ONDULADOR (W)	VOLTAJE (Vcc)
IFMGS3	Las Palmas	2100	900	50	3600	48

Tabla 7: Resumen finca Las Palmas

Datos de partida:

Radiación solar diaria sobre superficie horizontal:

$$R_o (\text{mes más desfavorable}) = 6080 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Coefficiente de corrección por inclinación de los módulos fotovoltaicos:

$$K(\beta=15^{\circ}) = 0,96$$

Factor de seguridad obligatorio a la hora del dimensionamiento de una instalación

$$FS = 1,20$$

Radiación en condiciones estándar de medida:

$$G_{CEM} = 1000 \text{ W/m}^2$$

Profundidad máxima de descarga

$$PD_{máx} = 0,8$$

Cálculo de la energía que es capaz de generar el conjunto de módulos instalados:

Radiación solar incidente con ángulo Beta

$$R(\beta=15^{\circ}) = R_o K(\beta=15^{\circ}) = 5836,8 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Horas solares pico con ángulo de inclinación Beta

$$HSP_{\beta} = R(\beta=15^{\circ}) / G_{CEM} = 5,8368$$

$$E_{generada} = (P_{generador} \cdot HSP_{\beta}) / FS = 10214,4 \text{ Wh/día}$$



Cálculo de la energía que demandaría el sistema:

$$E_{demandada} = E_{generada} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{inv} = 8508,59 \text{ Wh/día}$$

Cálculo del número de días de autonomía de las baterías instaladas:

Al igual que el caso anterior se presupone que los encargados del dimensionamiento del sistema dieron por lo menos el 10% de margen a la capacidad de las baterías.

$$N^{\circ} \text{ días autonomía} = (C_{100} \cdot PD_{max} \cdot V_n) / (1,1 \cdot E_{demandada}) = 3,69 \text{ días.}$$

5.3 FINCA LA PRIMAVERA

NOMBRE	UBICACIÓN	GENERACIÓN (Wp)	BATERÍA (C ₁₀₀ Ah)	REGULADOR (A)	ONDULADOR (W)	VOLTAJE (Vcc)
IFMGS2	La Primavera	1800 (fv) 500 Eólica	900	50	3600	48

Tabla 8: Resumen Finca La Primavera

Datos de partida:

Radiación solar diaria sobre superficie horizontal:

$$R_o (\text{mes más desfavorable}) = 6080 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Coeficiente de corrección por inclinación de los módulos fotovoltaicos:

$$K(\beta=15^{\circ}) = 0,96$$

Factor de seguridad obligatorio a la hora del dimensionamiento de una instalación

$$FS = 1,20$$

Radiación en condiciones estándar de medida:

$$G_{CEM} = 1000 \text{ W/m}^2$$

Profundidad máxima de descarga

$$PD_{máx} = 0,8$$

Número de horas al día de funcionamiento del aerogenerador:

$$NF = 6$$

Cálculo de la energía que es capaz de generar el conjunto de módulos instalados y el aerogenerador:

Radiación solar incidente con ángulo Beta



$$R(\beta=15^\circ) = R_o K(\beta=15^\circ) = 5836,8 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Horas solares pico con ángulo de inclinación Beta

$$HSP_\beta = R(\beta=15^\circ) / G_{CEM} = 5,8368$$

$$E_{generada\text{ fv}} = (P_{generador} \cdot HSP_\beta) / FS = 8755,2 \text{ Wh/día}$$

$$E_{generada\text{ eólica}} = (P_{generador} \cdot NF) = 3000 \text{ Wh/día}$$

$$E_{generada\text{ total}} = E_{generada\text{ fv}} + E_{generada\text{ eólica}} = 11755,2 \text{ Wh/día}$$

Cálculo de la energía que demandaría el sistema:

$$E_{demandada} = E_{generada} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{inv} = 9792,08 \text{ Wh/día}$$

Cálculo del número de días de autonomía de las baterías instaladas:

Al igual que el caso anterior se presupone que los encargados del dimensionamiento del sistema dieron por lo menos el 10% de margen a la capacidad de las baterías.

$$N^\circ \text{ días autonomía} = (C_{100} \cdot PD_{max} \cdot V_n) / (1,1 \cdot E_{demandada}) = 3,27 \text{ días.}$$

5.4 SISTEMA EN PUERTO VELASCO IBARRA.

NOMBRE	UBICACIÓN	GENERACIÓN (Wp)	BATERÍA (C ₁₀₀ Ah)	REGULADOR (A)	ONDULADOR (W)	VOLTAJE (Vcc)
IFMGS1a	Edificio Multiuso	10800	3000	300	14400	48
IFMGS1b	Edificio Multiuso	10200	3000	300	7200	48

Tabla 9: Resumen microrred híbrida Pto. Velasco Ibarra

5.4.1 IFMGS1a

Datos de partida:

Radiación solar diaria sobre superficie horizontal:

$$R_o (\text{mes más desfavorable}) = 6530 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Coefficiente de corrección por inclinación de los módulos fotovoltaicos:

$$K(\beta=15^\circ) = 0,96$$

Factor de seguridad obligatorio a la hora del dimensionamiento de una instalación

$$FS = 1,20$$

Radiación en condiciones estándar de medida:

$$G_{CEM} = 1000 \text{ W/m}^2$$



Profundidad máxima de descarga

$$PD_{\text{máx}}=0,8$$

Cálculo de la energía que es capaz de generar el conjunto de módulos instalados:

Radiación solar incidente con ángulo Beta

$$R(\beta=15^\circ)=R_o K(\beta=15^\circ)=6268,8 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Horas solares pico con ángulo de inclinación Beta

$$HSP_\beta = R(\beta=15^\circ) / G_{CEM} = 6,2688$$

$$E_{\text{generada}} = (P_{\text{generador}} \cdot HSP_\beta) / FS = 56419,2 \text{ Wh/día}$$

Cálculo de la energía que demandaría el sistema:

$$E_{\text{demandada}} = E_{\text{generada}} \cdot \eta_{\text{reg}} \cdot \eta_{\text{inv}} = 46997,19 \text{ Wh/día}$$

Sin embargo, en este caso, al estar la generación fotovoltaica apoyada por un grupo electrógeno diesel con flexibilidad de operación, este dato recientemente obtenido se refiere solamente a la energía demandada que es cubierta con el aporte del generador fotovoltaico 1a.

5.4.2 IFMGS1b

Datos de partida:

Radiación solar diaria sobre superficie horizontal:

$$R_o(\text{mes más desfavorable})=6530 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Coeficiente de corrección por inclinación de los módulos fotovoltaicos:

$$K(\beta=15^\circ)=0,96$$

Factor de seguridad obligatorio a la hora del dimensionamiento de una instalación

$$FS=1,20$$

Radiación en condiciones estándar de medida:

$$G_{CEM}=1000 \text{ W/m}^2$$

Profundidad máxima de descarga

$$PD_{\text{máx}}=0,8$$

Cálculo de la energía que es capaz de generar el conjunto de módulos instalados:



Radiación solar incidente con ángulo Beta

$$R(\beta=15^\circ) = R_o K(\beta=15^\circ) = 6268,8 \text{ Wh/m}^2\text{día}$$

Horas solares pico con ángulo de inclinación Beta

$$HSP_\beta = R(\beta=15^\circ) / G_{CEM} = 6,2688$$

$$E_{generada} = (P_{generador} \cdot HSP_\beta) / FS = 53284,8 \text{ Wh/día}$$

Cálculo de la energía que demandaría el sistema:

$$E_{demandada} = E_{generada} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_{inv} = 44386,24 \text{ Wh/día}$$

Sin embargo, en este caso, al estar la generación fotovoltaica complementada por un grupo electrógeno diesel con flexibilidad de operación este dato recientemente obtenido se refiere a la energía demandada que es cubierta con el aporte del generador fotovoltaico 1b.

5.4.3 APOORTE DEL GRUPO ELECTRÓGENO.

La energía total demandada la obtenemos de las mediciones realizadas por los operarios locales. Esta energía diaria demandada en la totalidad de Puerto Velasco Ibarra asciende (en la actualidad, no en la fecha del diseño del proyecto) a 155.000Wh/día de media con un pico de potencia máxima instantánea de 21,6KW.

Como hemos calculado en los apartados anteriores.

$$E_{aportada \text{ por } 1a} = 46997,19 \text{ Wh/día}$$

$$E_{aportada \text{ por } 1b} = 44386,24 \text{ Wh/día}$$

$$E_{aportada \text{ fv}} = 91383,43 \text{ Wh/día}$$

Luego:

$$E_{aportada \text{ diesel}} = E_{consumida} - E_{aportada \text{ fv}} = 63616,57 \text{ Wh/día}$$

Cálculo de las horas de funcionamiento del motor

Datos de partida:

$$E_{aportada} = 63616,57 \text{ Wh/día}$$

$$P_{generador} = 51 \text{ KW (60KVA; } \cos \varphi = 0,85)$$

$$\text{Rendimiento máximo } (\eta) = 0,58$$

$$N^\circ \text{ horas de funcionamiento} = E_{aportada} / (\eta \cdot P_{generador}) = 2 \text{ horas } 9 \text{ minutos.}$$



Este resultado nos indica el número de horas que el generador diesel debería funcionar para complementar la energía que no puede ser aportada por el sistema fotovoltaico.

Sin embargo, si observamos los cuadernos de notas de los operarios donde se indican los horarios de encendido y apagado del grupo, podemos ver que la media de horas de funcionamiento del grupo diesel está cerca de las 8 horas, muy por encima del resultado obtenido anteriormente.

Se puede afirmar que el estado de las baterías de la microrred híbrida de Puerto Velasco Ibarra no era correcto, cuestión que en realidad podía apreciarse a simple vista, quedando verificado matemáticamente de esta manera.



6. EVALUACIÓN Y CONCLUSIONES.

6.1. PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA.

La puesta a punto del sistema se llevó a cabo de forma correcta. No hubo incidentes destacables al respecto y, en función de las posibilidades que había, se considera que se hizo el mejor trabajo posible, funcionando el sistema a la finalización de la propia puesta a punto de una manera mucho más óptima que a la llegada a la isla.

Eso no excluye la imposibilidad que hubo en cuanto a la reparación y puesta a punto de las baterías encargadas de almacenar la energía producida por el generador fotovoltaico o por el grupo electrógeno. Estas baterías no habían recibido ningún, o prácticamente ningún, mantenimiento desde la puesta en marcha del sistema, habiendo funcionado todas ellas durante largos periodos de tiempo con un nivel de electrolito muy por debajo del mínimo requerido. Este manejo indebido de los bancos de baterías había llevado a una disminución de la capacidad de los mismos, situación con difícil solución si no hablamos de reposición completa.

6.2. CAPACITACIÓN DE TÉCNICOS LOCALES.

El objetivo de esta parte del Proyecto era conseguir que los operarios locales adquirieran unos conocimientos y rutinas que les hicieran autosuficientes a la hora de gestionar el sistema híbrido fotovoltaico-diesel sin ningún tipo de ayuda exterior.

Se podría decir que este objetivo se consiguió de una manera muy satisfactoria, pues los operarios se sintieron encantados de que la atención se centrara en ellos y acabaron empoderándose del Proyecto. Sin embargo, no hay que obviar algunas cuestiones:

Este objetivo se consiguió, efectivamente, pero sólo en el caso de que el sistema funcionara correctamente o de que los imprevistos que pudieran surgir fueran de pequeñas dimensiones y fácil solución. Es decir, si surgiera un imprevisto de complicada solución, ya sea por razones técnicas o por cuestiones de repuestos, suministro de recambios o herramientas necesarias para su solución, los operarios tendrían una dura labor por delante que difícilmente podrían solucionar. Esto se debe principalmente a unos factores que, en mi opinión, se deberían haber tratado con anterioridad o haber puesto más énfasis en ellos:

- **Más tiempo:** Una formación de tres meses, por mucho esfuerzo e interés que se ponga en ella, no es suficiente para formar a dos personas en el manejo de un sistema de estas características técnicas. Más aún, cuando las personas a formar tienen una formación académica tan básica, sin ni siquiera el bachillerato elemental completado, lo que dificulta el entendimiento de algunos conceptos algo más complicados y para lo que son necesarias unas nociones básicas de electricidad. Dado que es evidente que los técnicos locales no son culpables de los escasos medios formativos de los que han dispuesto a lo largo de su vida, la



entidad que identificó el proyecto debería haber igualmente comenzado la capacitación antes incluso de poner en marcha la infraestructura.

- Mas apoyo de la población: Este punto también se considera de vital importancia. El apoyo de la población hacia los técnicos locales brillaba por su ausencia. En lugar de apoyar a estas dos personas en su trabajo, siendo conscientes de la importancia que tiene para el modelo de vida de la isla, la presión que ejercía el resto de habitantes dificultaba las labores de los técnicos. Ante cualquier corte de suministro o incidente, la mayoría de la población culpaba a los técnicos aunque la culpa no fuera suya, teniendo éstos que soportar una gran presión. Una mayor comprensión por parte de los habitantes de la isla facilitaría la labor de los técnicos. Se debería haber trabajado más en este ámbito antes de la implantación de los equipos.
- Más apoyo por parte de ELEGALÁPAGOS: La coordinación de la empresa eléctrica de Galápagos con sus propios técnicos era extremadamente escasa. A la empresa no le gustaban los técnicos, a pesar de ser trabajadores a su cargo. Se podría decir que trabajaban para la empresa porque ésta no tenía más remedio ya que necesitaba que los técnicos encargados del sistema fueran moradores de la propia isla. Esto derivaba en una escasa formación de la empresa a sus propios trabajadores, salvo en lo que a intentos de tarificación se refería, y también se reflejaba en momentos puntuales en los que responsables de la empresa viajaban a Floreana a supervisar el funcionamiento del sistema realizando operaciones concretas sin informar a sus propios técnicos y sin formarles al respecto. Es evidente que una mejora en la comunicación entre ambas partes y una mayor confianza de la empresa en sus trabajadores redundaría positivamente en el manejo del sistema.

6.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Ciertamente este es el sector donde mejores resultados se obtuvieron. Las labores de operación y mantenimiento se empezaron a hacer de forma correcta y constante. Las labores de operación fueron asumidas por parte de los operarios como parte ineludible de su trabajo. Lo mismo se puede decir de las labores de mantenimiento preventivo pero no de las labores de mantenimiento correctivo, ya que estas, como hemos dicho anteriormente, requieren de una mayor formación, herramientas y repuestos para llevarse a cabo, cuestiones que no se cumplían en Floreana.

6.4. COORDINACIÓN DE ENTIDADES.

La coordinación de entidades, tanto a nivel nacional como internacional, tuvo unos resultados óptimos. En realidad no fue una cuestión excesivamente complicada ya que con anterioridad se había realizado un *planning*, de responsabilidades que, si bien no se estaba cumpliendo, fue retomado sin reticencias por todas las partes integrantes del proyecto. También se achaca esta facilidad en el trato con las instituciones a las ganas de todos por finalizar el proyecto y realizar su entrega.



No hay duda del resultado de estas gestiones pues apenas un mes después de la salida de la isla se realizó el traspaso de los bienes activos a la Junta Parroquial de Floreana, y los pasivos al PNG y a ELECGALÁPAGOS dándose por finalizado el Proyecto Integral de de Infraestructuras para la Sostenibilidad de la Isla Floreana.

6.5. EVALUACIÓN LOS SISTEMAS INSTALADOS.

Los resultados que aquí se evalúan son los obtenidos en el capítulo 5 de este PFC, correspondientes al análisis técnico y de dimensionamiento de los distintos sistemas implantados en la isla.

Por un lado tenemos los sistemas de la parte alta de la isla que incluyen los generadores fotovoltaicos individuales, la finca Las Palmas y la finca La Primavera, y por otro las dos líneas de Puerto Velasco Ibarra.

Los resultados de los cálculos relativos a los Sistemas Fotovoltaicos Individuales y las instalaciones de las fincas nos proporcionaron los siguientes resultados:

Nombre	Ubicación	Potencia del generador (Wp)	Capacidad de la batería (C100 Ah)	Energía demandada (Wh/día)	nº días autonomía batería
GFI1	Aníbal San Miguel	400	240	1620,6848	2,58
GFI2	Iván Moreno	400	240	1620,6848	2,58
GFI3	Jesús Vera	400	240	1620,6848	2,58
IFMGS2	La Primavera	1800 fv 500 eólico	900	9792,08	3,27
IFMGS3	Las Palmas	2100	900	8508,5952	3,69

Tabla 10: Resumen sistemas de la parte alta

Incluso antes de haber realizado estos cálculos se podía apreciar que los sistemas de la parte alta de la isla eran los que mejores resultados estaban entregando. Estos sistemas funcionaban a la perfección, cumpliendo correctamente con la demanda energética para los que habían sido diseñados.

En cuanto al número de días de autonomía, entre dos días y medio y tres días y medio, podemos decir que es más que suficiente para este tipo de instalación en esta ubicación. Decimos que es suficiente ya que, si bien por un lado es raro que no brille el sol durante dos días en estas latitudes, en el caso de que no lo hiciera no sería un inconveniente ya que el uso principal de la energía generada por estos generadores es abastecer sistemas de riego para los sectores agrícolas, por lo que dos días nublados casi con seguridad implicarían lluvia, no siendo necesario el riego.

Los resultados de los cálculos relativos a las microrredes instaladas en Pto. Velasco Ibarra nos proporcionaron los siguientes resultados:



Nombre	Ubicación	Potencia del generador (Wp)	Capacidad de la batería (C100 Ah)	Energía demandada (Wh/día)
IFMGS1a	Edificio Multiuso	10800	3000	46997,19
IFMGS1b	Edificio Multiuso	10200	3000	44386,24
Grupo electrógeno	Pto Velasco Ibarra	51000		63616,57

Tabla 11: Resumen sistema híbrido fv-diesel

Como ya se indicó, evaluar los datos de estos sistemas es algo complicado, así como las premisas iniciales que llevaron a su instalación. Al ser un generador fotovoltaico complementado por un grupo diesel se podría decir que cualquier aporte fotovoltaico mejoraría la situación anterior (solamente con grupo diesel) y por lo tanto podría considerarse correcta. Este el caso que nos compete, donde se han instalado dos generadores fotovoltaicos capaces de generar, supuestamente, el 60 % de la energía demandada por la población.

Técnicamente se puede afirmar que el dimensionamiento es correcto, aunque se plantean serias dudas de que la elección de la tecnología sea la correcta, viendo los pobres resultados y la cantidad de dificultades que se encontraron para conseguir un correcto funcionamiento del mismo.

En estos casos no tuvo sentido calcular el número de días de autonomía de las baterías, ya que no estamos hablando de un sistema aislado sino de una microrred en la que en caso de alcanzarse la profundidad máxima de descarga de las baterías, el grupo entraría en funcionamiento supliendo la demanda energética y procediendo a la carga de las baterías.

Como hemos dicho, la mayor cuestión a analizar en este caso es la idoneidad de la tecnología elegida, cuestión que veremos en el próximo apartado relativo a la evaluación del proyecto como proyecto de cooperación.

6.6. ANÁLISIS DEL PIIPSIF COMO PROYECTO DE COOPERACIÓN.

Hasta este momento, las evaluaciones realizadas se han enfocado en el contexto técnico en el que se sitúa este PFC, basándose en el grado de satisfacción y rendimientos del sistema fotovoltaico. Sin embargo, no debemos olvidar que estamos hablando en conjunto de un proyecto de cooperación al desarrollo y por tanto deberemos evaluarlo según las premisas y valores por los que estos se rigen. Tomamos para ello la metodología más extendida en el ámbito del desarrollo de proyectos de cooperación, el Enfoque del Marco Lógico (EML).



La metodología del EML consiste en un conjunto de técnicas, articuladas con una unidad de propósito, que facilitan una toma de decisiones participativa, dirigidas a alcanzar un objetivo determinado en el ámbito de un proceso más amplio de desarrollo.

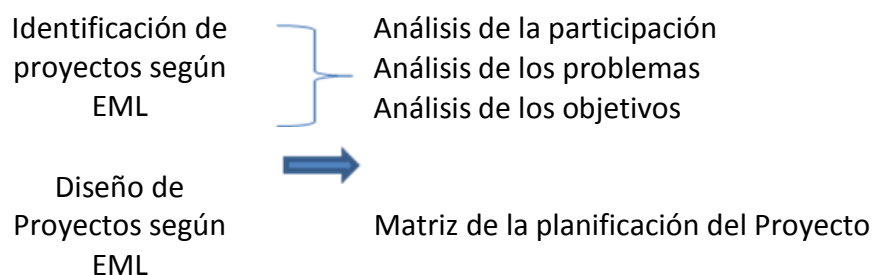
El EML es, actualmente, el método exigido por prácticamente todas las entidades donantes para tomar en consideración las propuestas concretas de financiación. Esto ha contribuido a que las instituciones de cooperación al desarrollo se hayan visto en la necesidad de conocer y manejar este procedimiento de financiación por objetivos y que dicho método se haya convertido en uno de los temarios principales en los programas de formación de cooperación al desarrollo.

Ahora bien, este método no debe ser visto como un requisito de carácter administrativo o de índole formal a la hora de presentar un proyecto ante cualquier financiador. Precisamente, planteamientos como éstos han provocado, en ocasiones, un cierto rechazo a la metodología EML y han banalizado sus contenidos. Con frecuencia se utilizan con desenvoltura términos como matrices de planificación, indicadores o árboles de problemas, pero no siempre se conocen suficientemente ni se aplican con rigor estos conceptos. De esta manera, el EML podría correr el riesgo de convertirse en una especie de norma externa que “se acate pero no se cumpla”. Un número importante de los proyectos que actualmente se encuentran en ejecución han utilizado el EML como un envoltorio más que como un método.

Sin querer adelantarnos al análisis podemos decir que quizá sea esto lo que ha pasado con el Proyecto Integral de Infraestructuras para la Sostenibilidad para la Isla Floreana. Por eso es importante tener en cuenta que no constituye un sistema para rellenar formularios de proyectos de una manera más o menos coherente, sino básicamente un método para la gestión de un proyecto de desarrollo en todas sus fases.

No se va a definir aquí el EML ya que es no es el objetivo de esta evaluación y eso sería prácticamente embarcarse en otro proyecto que no nos atañe, pero si se van exponer los principales pasos predeterminados a seguir en cada una de sus etapas y así podremos evaluar, basándonos en criterios válidos, si el PIIPSIF se puede considerar coherente desde el punto de vista de la cooperación internacional.

Realizando un sencillo esquema de EML, podemos obtener el siguiente esquema donde se definen sus pasos clásicos:





6.6.1 ANÁLISIS DE LA PARTICIPACIÓN.

De lo que se trata en el análisis de la participación es, en primer lugar, de ofrecer un panorama lo más completo posible de la realidad social sobre la que nos propondremos intervenir. Para ello, es necesario describir al conjunto de los agentes sociales que forman parte de la misma, poniendo de manifiesto sus problemas específicos, sus intereses y las relaciones que tienen establecidas entre sí.

Para llevar a cabo un análisis de la participación existen unas etapas que pueden ser sistematizadas. Aunque cada uno de estos puntos se puede desarrollar más ampliamente podemos resumirlos en:

- Identificar a todos los agentes sociales que se encuentren presentes en el área de intervención.
- Analizar si estos colectivos identificados forman cuerpos coherentes o existe algún tipo de unidades menores con particularidades específicas.
- Caracterizar y analizar cada uno de los siguientes agentes identificados.
- Escoger o seleccionar al colectivo o colectivos beneficiarios y situar al resto de los agentes analizados en alguna de las siguientes categorías: beneficiarios directos, beneficiarios indirectos, excluidos o neutrales y perjudicados u potenciales oponentes.

En el caso concreto del PIIPSIF se identificaron como beneficiarios directos los moradores de Floreana, que pasarían a obtener servicio eléctrico 24 horas al día. Los beneficiarios indirectos serán las entidades públicas que soportan el actual déficit operacional del sistema eléctrico de la isla. No se identificaron posibles opositores al proyecto.

6.6.2 ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS.

En el análisis de problemas, de lo que se trata es de reordenar el material acumulado en el diagnóstico situacional que hemos realizado, pero, en esta ocasión, no sobre la base de los diferentes agentes sociales, sino en función de los problemas o, mejor dicho, de un problema concreto que consideramos central dentro de la información recopilada.

La tarea, en este caso, consiste en determinar las relaciones entre los problemas, o, para ser más exactos, entre ese problema seleccionado y el resto, estableciendo las causas que lo provocan y los efectos inducidos a su vez por éste.

En Floreana se identificó como principal la precariedad del suministro eléctrico, que afectaba al desarrollo de una gran cantidad de actividades en la Isla entre las que se pueden destacar la ausencia de alumbrado público, la imposibilidad de almacenar alimentos perecederos y numerosas actividades que dependen del suministro eléctrico, tales como riegos en aplicaciones agrícolas o actividades culturales posteriores a la puesta de sol.



6.6.3 ANÁLISIS DE OBJETIVOS.

Una vez identificados los problemas, en el paso siguiente se describe la situación hipotética que se alcanzaría en el momento en que se solucionasen todas las situaciones negativas detectadas en el paso anterior. Es decir, se trata en este paso de describir la superación de los problemas.

Los problemas que fueron definidos como “situaciones negativas existentes”, son convertidos en esta ocasión en objetivos de desarrollo, producto de la superación de los problemas anteriormente detectados en el paso anterior.

No se puede juzgar si el objetivo definido para el PIIPSIF era el mejor ya que esta cuestión es sumamente subjetiva, lo que sí se puede decir es que siguió el orden lógico del EML para definir el mismo.

6.6.4 DISEÑO DEL PIIPSIF SEGÚN EL EML.

La herramienta que propone el EML para la fase de diseño de una intervención de desarrollo es la llamada matriz de planificación del proyecto (MPP).

La MPP debe ser vista como el esqueleto esencial del diseño del proyecto, un documento que normalmente se incluye como anexo y que tiene la no desdeñable virtud de presentar de una manera clara y comprensible una intervención que puede resultar sumamente compleja.

Como puede verse en el gráfico que se muestra a continuación, una MPP es un documento de cuatro por cuatro columnas, en el que la primera columna de la izquierda es la denominada “lógica de la intervención”, que se trata de lo que se pretende hacer durante la fase de la ejecución. En la segunda columna, la de los “indicadores objetivamente verificables” se trata de precisar de forma inequívoca el grado de éxito esperado de la intervención a través del establecimiento de indicadores que puedan ser comprobados. La tercera de las columnas, la de las “fuentes de verificación” recoge el lugar o el procedimiento que piensa ponerse en práctica para comprobar el cumplimiento de los indicadores. Por último, en la cuarta columna, la de las “hipótesis”, se pretende recoger el conjunto de elementos del entorno que son importantes para el proyecto pero que éste no se encuentra en condiciones de poder asegurar. Podríamos decir que las probabilidades de cumplimiento de esas hipótesis expresarían, a su vez, los riesgos previsibles a los que se verá enfrentada la intervención. En el nivel inferior de esta columna se encuentra situada una casilla que refleja las “condiciones previas” y que deben cumplirse necesariamente antes del inicio de la ejecución del proyecto.

En cuanto a las filas, la superior es la del “objetivo general” al que el proyecto pretende contribuir. La segunda fila es la del “objetivo específico” que el proyecto pretende alcanzar. La tercera de las filas reúne al conjunto de “resultados” que el proyecto debe entregar a la finalización de su periodo de ejecución. Se trata de los medios y necesarios y suficientes para la consecución del objetivo del proyecto. Por último, en la fila inferior



se reseñan las “actividades” necesarias para la obtención de los resultados incluidos en la fila inmediatamente superior.

	Lógica de la intervención	Indicadores objetivamente verificables	Fuentes de verificación	Hipótesis
Objetivo general				
Objetivo específicos				
Resultados				
Actividades				
				Condiciones previas

Tabla 12: Ejemplo Matriz de Planificación del Proyecto

Entre la documentación facilitada por el PIIPSIF no se encuentra una Matriz de Planificación del Proyecto como tal, lo que hace dudar del trabajo realizado en cuanto al diseño del proyecto se refiere. Sin embargo sí que aparecen definidas las partes que lo componen en forma de literatura desarrollada. Las cuestiones relativas a objetivo general y objetivos específicos se consideran correctas a pesar de la subjetividad que esto conlleva, quedando descolgados y poco definidos los indicadores objetivamente verificables y las fuentes de verificación, siendo difícil afirmar que el proyecto en su conjunto pueda definirse como un proyecto de cooperación a pesar de que, como hemos visto anteriormente, las fases de identificación del proyecto así lo sugerían. Pero para poder afirmar esto conviene tener en cuenta un último punto en la definición del proyecto según el EML que recibe el nombre de “factores de viabilidad”

Antes de proseguir , es necesario detenernos de nuevo en el propio concepto de viabilidad que aparece como uno de los criterios esenciales, por no decir el esencial, que ayuda a definir lo que es o lo que no es una intervención de desarrollo. Podemos señalar que la “viabilidad” es definida por el CAD como la “medida en la que los objetivos de la acción de ayuda pueden continuar siendo realizados después de la ayuda. O, en otras palabras, la medida en que los beneficiarios de la ayuda pueden y quieren continuar tomando a su cargo la realización de los objetivos de la ayuda” (OCDE, 1986)

Los factores de viabilidad que se manejan habitualmente son siete, toda vez que el análisis de género ha adquirido una importancia creciente y se ha independizado, por así decirlo, de viabilidad sociocultural, donde antes se incluía. La relación de los factores de viabilidad es la siguiente:

- Políticas de apoyo.
- Tecnología apropiada.



- Protección del medio ambiente.
- Aspectos socioculturales.
- Enfoque de género en desarrollo.
- Capacidad institucional y de gestión.
- Factores económicos y financieros.

A continuación se verá brevemente en qué consiste cada uno de estos factores y en qué grado se tuvieron en cuenta a la hora de la definición del PIIPSIF.

Políticas de apoyo

Cuando se habla de este factor de viabilidad, de lo que se trata es de valorar el contexto político en el que se desarrollará esta intervención, y más concretamente, de la voluntad y la capacidad de las autoridades implicadas a la hora de aportar los recursos imprescindibles para soportar los efectos del proyecto una vez que se concluya su fase de ejecución.

Tanto el Ministerio de Energía, ELEGALAPAGOS, el PNG y la Junta parroquial de Floreana se comprometieron a dar apoyo al proyecto tanto durante la fase de ejecución como a la finalización de la misma, por lo tanto se considera que las políticas de apoyo son correctas y apoyadas por instituciones competentes y responsables.

Tecnologías apropiadas

La utilización de una tecnología inadecuada amenaza de manera muy directa a las posibilidades de éxito de un proyecto y, todavía más, a su capacidad de supervivencia. En este caso, es importante considerar si la tecnología transmitida resulta apropiada para las condiciones específicas del entorno y para los recursos y cultura locales. Es muy común que las tecnologías transferidas presenten grandes dificultades a la hora de garantizar su mantenimiento, debido a la ausencia de repuestos o de personal especializado en su manejo.

Este es concretamente el caso particular de la isla Floreana. A pesar de los esfuerzos realizados en cuestiones de inventarios mínimos y de repuestos, el aislamiento en el que se encuentra la isla hace imposible un flujo medianamente correcto de repuestos y material de mantenimiento. Igualmente se hizo un gran esfuerzo en la capacitación de técnicos locales pero, como ya se dijo anteriormente, no se tuvo tiempo necesario para que se pudiera considerar esta como plenamente satisfactoria. Por lo tanto la tecnología no se puede considerar como apropiada, o cuanto menos, apropiada en su totalidad.

Protección del medio ambiente

Se trata de realizar una valoración de los impactos ambientales provocados por los proyectos y, más concretamente, de la utilización de los recursos ambientales locales.



Un uso insostenible de esos recursos amenaza de manera directa las posibilidades de continuidad en el tiempo de los efectos del proyecto.

En concreto, uno de los objetivos principales del proyecto es mejorar la calidad ambiental del archipiélago, a través de la utilización de energías limpias en lugar de combustibles fósiles. No hay utilización de recursos locales (más allá de los humanos) por que el impacto ambiental no es ni será negativo sino todo lo contrario.

Aspectos socioculturales

La participación y la implicación de los beneficiarios en el proyecto se consideran requisitos imprescindibles para garantizar una cierta viabilidad. La idea básica en este caso es la necesidad de que los colectivos beneficiarios obtengan una “relación de propiedad” con el proyecto y estén dispuestos a defenderlos por sí mismos, una vez finalizada la fase de ejecución.

Cuando una intervención no responde a las prioridades de los beneficiarios, éstos tienden a considerarlo como algo ajeno a sus intereses, un elemento externo del que pretenden extraer algunos beneficios concretos pero en cuyo éxito no se encuentran implicados. Este tipo de proyectos tienden a languidecer de manera rápida una vez que concluye el aporte exterior de fondos.

Para conseguir la implicación de los beneficiarios, es necesario asumir el derecho de éstos a definir sus prioridades, promoviendo procesos de participación reales que otorguen capacidad de decisión a las comunidades destinatarias, reduciendo, en su caso, la tutela de los gestores.

En este proyecto no se trabajó lo suficiente en los aspectos socioculturales ni en la implicación del conjunto de los beneficiarios en el desarrollo de los proyectos, siendo el resultado de esto una posición ajena al trabajo por parte de los moradores de la isla, que simplemente veían la instalación fotovoltaica como un beneficio del que podían beneficiarse sin considerarse parte del mismo. Esto se podía apreciar, por ejemplo, en la falta de concienciación en el uso responsable de la energía o en las múltiples quejas que se recibían ante cualquier fallo en el suministro eléctrico.

Enfoque de género

El enfoque de género en desarrollo propone identificar y diseñar los proyectos con el propósito de mejorar la posición específica de las mujeres, eliminando relaciones de poder entre los géneros.

En otro orden de las cosas, se valora que, dada la función que las mujeres tienden a cumplir en la mayoría de las comunidades beneficiarias de los proyectos de desarrollo, su implicación directa en éstos es un elemento clave para garantizar la difusión de sus efectos, a la vez que contribuye a incrementar sus posibilidades de viabilidad.



El PIIPSIF no tuvo en cuenta el enfoque de género para el desarrollo del mismo, siendo hombres la totalidad de los participantes en el desarrollo del proyecto. Las mujeres recibieron unas lecciones-charlas para potenciar el consumo responsable de energía de las que se duda de sus resultados.

Capacidad institucional y de gestión

Los proyectos promueven cambios en el entorno y establecen una situación cuantitativa y cualitativamente nueva que exige adaptaciones en todas las instancias implicadas. En ocasiones, se contempla escasamente la necesidad de esas adaptaciones, por lo que se produce una clara inadecuación entre la nueva realidad y las instituciones encargadas de gestionarla.

En ese sentido, resulta imprescindible valorar si los organismos encargados de la gestión del proyecto poseen una capacidad organizativa suficiente y, si esto no es así, será necesario destinar recursos que incrementen esa capacidad para garantizar la continuidad de los efectos generados. Para contribuir a ese fortalecimiento institucional se deben incluir, si es necesario, actividades y resultados específicos en el proyecto.

El PIIPSIF tiene una cobertura institucional muy sólida, siendo apoyado por instituciones potentes, de gran relevancia en todo el país y con una gran capacidad para la gestión como lo son el PNG, la AECID y el propio Ministerio de Energía del Ecuador. Los requisitos de capacidad institucional y de gestión estaban perfectamente cubiertos.

Factores económicos y financieros

La cuestión básica que ha de ser respondida a este respecto es de qué manera se van a aportar los recursos necesarios para la asunción de los gastos de mantenimiento y explotación de las estructuras que han sido creadas con la ayuda externa. Frente a esa pregunta sólo caben dos respuestas. La primera, y la que en principio parece deseable, es que el propio proyecto genere ingresos que puedan ser destinados a cubrir esos gastos. De todas maneras, a nadie se le escapa que muchos proyectos, como es el caso del de Floreana, no puedan generar suficientes ingresos, por lo que habrá que optar por otro tipo de solución. Una alternativa, en ese caso, es que alguna institución asuma la aportación de esos recursos imprescindibles y se comprometa a hacerlo. En este caso es ELEGPALÁPAGOS la que asume los gastos de operación y mantenimiento y la Junta Parroquial de Floreana la encargada de cumplir con los gastos derivados de repuestos y recambios. Como hemos dicho anteriormente, el apoyo institucional en grande y la cuestión económica no es problema para la viabilidad del proyecto.

Acabamos de ver las claras deficiencias del diseño del proyecto en cuanto a tecnologías apropiadas, aspectos socioculturales y enfoque de género, poniendo esto en duda su viabilidad. Y dado que la viabilidad es un factor determinante, como se ha descrito anteriormente, difícilmente se podrá considerar el PIIPSIF como una intervención de



Universidad de Carlos III

Mejora en la calidad del suministro eléctrico de la isla Floreana. (Islas Galápagos, Ecuador)

desarrollo, y deberemos considerarla como intervención institucional de infraestructuras para la mejora de un servicio determinado para un sector concreto de la población del Archipiélago de Galápagos.



7. BIBLIOGRAFÍA

ARAUCARIA XXI, (2004). “Plan Operativo Anual”, AECID.

CENSOLAR, (2003). “Instalaciones de energía solar”.

F. Varela y J.M. Santomé (2002). “La sostenibilidad en los proyectos y programas de cooperación para el desarrollo, CIDEAL.

M. Gómez y H. Sainz Ollero, (2008). “El ciclo del proyecto de cooperación al desarrollo), CIDEAL.

PNG, (2003). “Plan de manejo del Parque Nacional Galápagos”, Ministerio del Ambiente.

VV.AA. (2004). “Energía solar fotovoltaica: Manual del proyectista”, Junta de Castilla y León.

VV.AA. (2004). “Energía solar fotovoltaica: Manual del instalador”, Junta de Castilla y León.

VV.AA. (2002), “Curso sobre fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica”, CIEMAT.

VV.AA. (2004) “Plan de sostenibilidad técnica”, AECID



ANEXO I

DESTILADOR SOLAR



1. INTRODUCCIÓN.

En la isla Floreana (Santa María) de las islas Galápagos se ha implementado el Proyecto Integral de Infraestructuras para la Sostenibilidad de la isla Floreana en el cual, uno de los componentes, es la generación eléctrica con sistemas fotovoltaicos.

En Puerto Velasco Ibarra se ha construido una Microrred híbrida fotovoltaica-diesel que abastece a todo el poblado. En la parte alta de la isla existen dos sistemas individuales, una microrred híbrida fotovoltaica-eólica y una microrred fotovoltaica.

La energía eléctrica se acumula en baterías de plomo ácido con electrolito líquido. La operación del sistema implica que en el mantenimiento se reponga el nivel del electrolito para lo cual es necesario utilizar agua destilada. Si bien es un producto de bajo costo, no se produce en las islas, por lo que su transporte desde el continente significa costes elevados y problemas de suministro.

2. EL DESTILADOR SOLAR.

Con estos antecedentes se decidió construir un destilador solar que permita obtener agua destilada en el sitio donde se va a consumir, utilizando como fuente energética un recurso renovable local como es el sol.

El principio del destilador solar es el mismo que se observa en el ciclo natural del agua. Con el calor se produce la evaporación de agua que normalmente tiene varios elementos en disolución y suspensión. El vapor de agua al chocar con una superficie fría se condensa formándose agua líquida. Esta agua destilada no contiene minerales ni sustancias disueltas.

El destilador solar contiene una bandeja de agua cruda la cual se alimenta por la manguera provista. Si bien el agua cruda podría ser inclusive agua de mar, es preferible utilizar agua dulce debido a que si se utiliza agua de mar, la posterior acumulación de sal implicaría un programa de mantenimiento y limpieza más continuo. El vidrio potencia un efecto invernadero que hace que el calor se incremente en la cámara hasta que el agua en la bandeja de agua cruda comienza a evaporarse. El vapor de agua choca con la superficie del vidrio y se condensa goteando en la bandeja de recogida de agua destilada (2) que es evacuada por la manguera de salida hacia un recipiente adecuado.

El marco de vidrio puede ser desmontado para procesos de limpieza o mantenimiento.

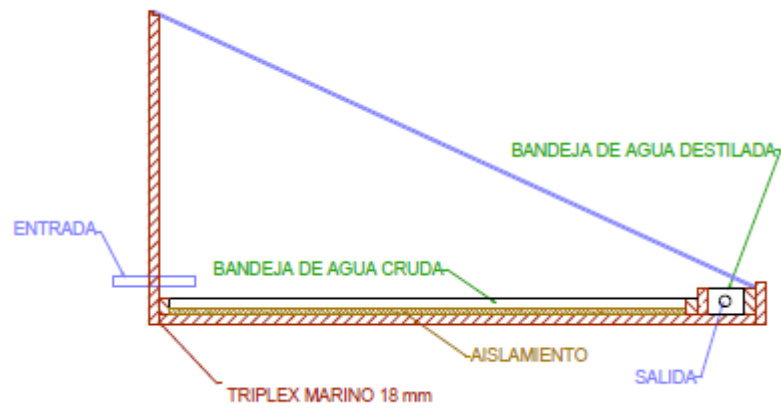


Figura 16: Esquema del destilador solar



Figura 17: Destilador solar



3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

En un día de sol se estima que se podría obtener de 1 a 2 litros de agua destilada dependiendo de las condiciones de sol. La bandeja de agua cruda tiene una capacidad de 8 litros.

El operador deberá fijarse los niveles de agua para reponer el agua cruda. Si la bandeja de agua cruda trabajaría en seco se podrían generar temperaturas muy altas, de tal manera que es preferible que si no se va a utilizar es preferible cubrir el destilador o guardarlo en la sombra.

Cada mes se deberá limpiar el vidrio.

Cada seis meses se deberá limpiar la bandeja de agua cruda y la bandeja de agua destilada. Para ello se recomienda pivotar el marco de vidrio y poner un palo de soporte mientras se limpian las bandejas. Se recomienda utilizar una esponja o un trapo, no utilizar abrasivos. Después de cada mantenimiento semestral, revisar fugas de agua. Si es necesario aplicar silicón en las juntas.

Apoyo mientras se limpian las bandejas

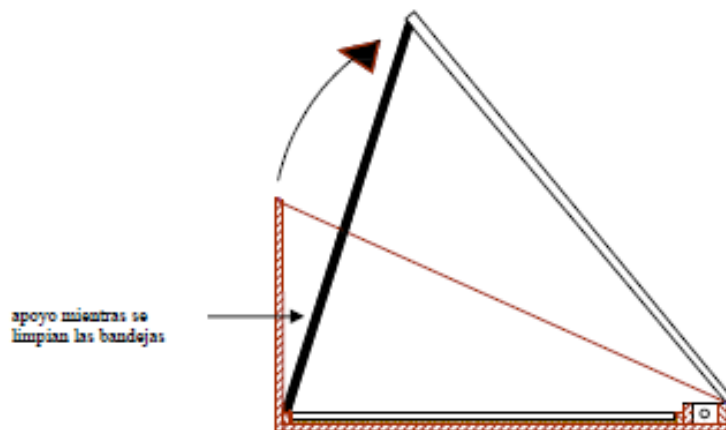


Figura 18: Limpieza destilador solar



ANEXO II

INVENTARIO



Para poder asegurar que en cada momento se puedan llevar a cabo los trabajos de mantenimiento preventivo y reparaciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema es necesario que se disponga, como mínimo del siguiente inventario de repuestos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE REFERENCIA	PROVEEDOR	UNIDAD	CANTIDAD
1	Tarjeta supervisor inteligente de energía	E027EA050010	Salicru	un	2
2	Tarjeta control ondulator	E027EA098090	Salicru	un	2
3	Tarjeta rastreador regulador campo fotovoltaico	E027EA094020	Salicru	un	2
4	Tarjeta etapa de potencia	E027EA096020	Salicru	un	4
5	Fusible 50 A de la etapa de potencia		Salicru	un	4
6	Fusible 100 A del rastreador regulador		Salicru	un	4
7	Fusible 5 A de la placa de conexión de señales		Proveedor local	un	4
8	Fusibles de 2 A de la placa de conexión de señales		Proveedor local	un	4
9	Fusible de 1 A de la placa de conexión de señales		Proveedor local	un	4
10	panel fotovoltaico	I-100, 12V, tedlar transparente	Isofotón	un	5



ITEM	DESCRIPCIÓN	NÚMERO DE REFERENCIA	PROVEEDOR	UNIDAD	CANTIDAD
11	Vaso batería 240 Ah	2V, 240 Ah	Hawker	un	1
12	Vaso batería 900 Ah	2V, 900 Ah	Hawker	un	1
13	Vaso batería 3000 Ah	2V, 3000 Ah	Hawker	un	1
14	Agua destilada		Proveedor local/destilador solar	litros	40
15	Vaselina		Proveedor local	Kg	0,5

Tabla 13: Inventario mínimo

Por otro lado se llevó a cabo una limpieza completa del almacén. Se procedió igualmente al desempolvado y colocación de cuantos equipos y materiales auxiliares allí se encontraban, realizándose una lista con todos ellos. Este listado, considerado como inventario disponible se muestra a continuación:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UN
1	Tarjeta control ondulador	1	un
2	Tarjeta regulador campo fv	2	un
3	Tarjeta de potencia	3	un
4	Tarjeta de potencia	1	un
5	Tarjeta supervisora (inteligente)	1	un
6	Tarjeta supervisora (inteligente)	1 (dañada)	un
7	Display remoto	1	un
8	Shunt	2	un
9	Placa de conexión	1	un
10	Control crepusculares	6	un
11	Vasos batería 2 Voltios 240 A.h	13	un
12	Vaso batería 2 Voltios 900 A.h	1	un
13	Medidor de agua lluvia	1	un
14	Cable sucre 3x10 awb	10	m
15	Bidones de electrolito	6	un
16	Extintores ABC de 20 lbs	2	un
17	Arnés de seguridad	2	un
18	Portafusibles nuevos	15	un
19	Fusibles 100 A tipo cartucho	16	un
20	Fusibles 50 A tipo cartucho	2	un
21	Fusibles 63 A tipo cartucho	17	un
22	Conectores de barra de tierra	8	un
23	Fusible de 80 A tipo cartucho	19	un
24	Portafusibles nuevos	34	un
25	Cable flexible verde awg 8	15	m
26	Cable flexible 1/0	5	m
27	Cable cobre 7 hilos awg 8	20	m



Universidad de Carlos III

Mejora en la calidad del suministro eléctrico de la isla Floreana. (Islas Galápagos, Ecuador)

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UN
28	Cajas sin dispensadores	6	un
29	Cajas con dispensadores	5	un
30	Inversor Struder Joker 250 W	1	un
31	Tapas de bornes de baterías	24	un
32	Ventiladores de 48 Voltios	3	un
33	Relays	42	un
34	Canaletas plásticas de 10x10 cm	6	un
35	Varillas de cobre para tierra	9	un
36	Caja metálica de 40 x 40 cm	1	un
37	Taipe negro	3	un
38	Cajas de poliéster de 40x40 cm	2	un
39	Cajas de poliéster de 20x20 cm	5	un
40	Fusibles de 25 A	5	un
41	Fusibles de 50	4	un
42	Fusibles de 100 A	5	un
43	Fusibles de 1 A	7	un
44	Fusibles de 2 A	11	un
45	Fusibles de 5 A	7	un
46	Resistencias 22 Kohms, 1/4 W	6	un
47	Resistencias de 10 Kohms	10	un
48	Diodos Zener	6	un
49	Puentes cobre	3	un
50	Portafusible DIN	2	un
51	Magnetotérmico 250 A 2 fases	1	un
52	Relays dispensador	4	un
53	Horno solar	1	un
54	Cocina solar parabólica	1	un
55	Tomacorriente doble sobreponer	37	un
56	Boquillas sobreponer	55	un



ANEXO III

GIFA(GESTIÓN DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS AUTÓNOMAS)



El programa GIFA está diseñado para la Gestión de sistemas Fotovoltaicos autónomos que están basados en la centralita TApS CM.

Las funciones básicas de GIFA son:

- Configuración de la centralita TApS CM, para el funcionamiento óptimo del sistema.
- Volcado de datos de monitorización de la centralita TApS CM.
- Presentación de estos datos en diferentes formatos que permiten evaluar el funcionamiento de cada sistema.

Existen tres tipos de GIFA:

Tipo “usuario” es para los usuarios que quieran volcar los datos correspondientes a su instalación y estudiar los datos mediante los gráficos de análisis.

Tipo “instalador” es para los instaladores o técnicos de mantenimiento, que acuden a la instalación con su PC portátil para configurar la centralita TApS CM o para volcar datos. Una vez volcado, el “instalador” manda los datos al “gestor” de los sistemas.

Tipo “gestor” es para los *gestores* responsables de un conjunto de sistemas de energía solar fotovoltaica autónomos. Reciben los datos de los instaladores.

El programa GIFA posee varias bases de datos necesarias para asegurar su funcionamiento:

□ **La Carpeta *Taulas*** contiene:

Base de datos “instalaciones” que contiene todos los datos de las instalaciones. Como mínimo, contiene para cada instalación: nombre, código, y la potencia nominal del campo fotovoltaico.

Base de datos “configuraciones”, que contiene para cada instalación las configuraciones de la centralita TApS. Para facilitar el seguimiento, contiene además de la configuración actual un historial de configuraciones anteriores.

□ **La Carpeta *Dades*** contiene:

Base de datos correspondiente a cada instalación que permite evaluar el funcionamiento de ésta. El nombre de la base de datos corresponde al código de identificación de la instalación.

PARÁMETROS DE LA INSTALACIÓN INTRODUCIDOS EN GIFA.



Código	Código que identifica la instalación	IFMGS2	IFMGS3	IFMGS1a	IFMGS1b
Nombre	Nombre de la instalación	La Primavera	Las Palmas	Edificio Multiuso	Edificio Multiuso
Población	Población donde se encuentra la instalación	Zona Agrícola	Zona Agrícola	Pto Velasco Ibarra	Pto Velasco Ibarra
Región	Comarca donde se encuentra la instalación	Islas Galápagos	Islas Galápagos	Islas Galápagos	Islas Galápagos
Fecha Recepción	Fecha en la que se realizó la recepción de la obra	25/09/2004	25/09/2004	25/09/2004	25/09/2004
Longitud/ Latitud	Posición global donde se encuentra la instalación	90°25'E 1°20'S	90°25'E 1°20'S	90°25'E 1°20'S	90°25'E 1°20'S
Usuario	Nombre del usuario de la instalación	Junta Parroquial de Floreana	Junta Parroquial de Floreana	Junta Parroquial de Floreana	Junta Parroquial de Floreana
Idioma	Idioma del Usuario	español	español	español	español
Versión	Versión del programa cargado al microprocesador del Gestor Inteligente de Energía	3.3	3.3	3.3	3.3
Tipo	Tipo centralita TapS	Multiusuario TapS C8948	Multiusuario TapS C8948	Multiusuario TapS C8948	Multiusuario TapS C8948
N1 identificación	Número de identificación de la centralita, que está escrito en la etiqueta en el lateral derecho de la centralita. Para identificación de datos es importante que este número esté correcto	1	2	3	4
ACS	Si la instalación dispone de agua caliente sanitaria	0-NO	0-NO	0-NO	0-NO
Modem	Si la lectura de datos se realiza mediante un modem	0-NO	0-NO	0-NO	0-NO
Mantenimiento	Empresa que realiza el mantenimiento	EEPG	EEPG	EEPG	EEPG
Técnico	Técnico encargado de realizar el mantenimiento de la instalación	EEPG	EEPG	EEPG	v
Zona/ Subzona geográfica	Zona geográfica de la instalación	Ecuador	Ecuador	Ecuador	Ecuador
Programa/ Subprograma	Proyecto de financiación al cual se acoge la instalación	PIISPIF	PIISPIF	PIISPIF	PIISPIF
EDA	Energía a disposición asignada a la instalación en kWh/mes	270	270	1563	1077
Activado (SI/NO)	Si se encuentra activo el algoritmo del EDA	0-NO	0-NO	0-NO	0-NO
Acometidas		2	2	40	16
DD(KWh/mes)	Tarifa de energía asignada	230	230	979	652
Suma EDA (KWh/mes)	Potencia máxima de un consumo según tarifa asignada	536	268	3133	1639
Irradiación	Irradiación del peor mes utilizado para dimensionar la instalación	4.5	4.5	4.5	4.5
Mes	Mes en el cual se ha encontrado la peor radiación	2	2	2	2
Modelo placas	Marca y modelo de los módulos fotovoltaicos utilizados	Isofotón 100	Isofotón 100	Isofotón 100	Isofotón 100
Potencia FV	Potencia pico de la instalación. Es la suma de las potencias individuales de cada módulo	1800	2100	10800	7200



Nº placas	Cantidad de placas solares instaladas	18	21	108	72
Nº Series	Cantidad de series en las que se han distribuido los módulos fotovoltaicos	6	7	36	24
Orientación	Orientación respecto al Sur del campo fotovoltaico	0	0	0	0
Inclinación	Inclinación respecto al plano del módulo fotovoltaico	15	15	15	15
Modelo de las baterías	Marca y modelo de las baterías utilizadas en la instalación	Hawker Tubular	Hawker Tubular	Hawker Tubular	Hawker Tubular
Capacidad (Ah)	Capacidad en amperios hora de las baterías instaladas	900	900	3000	3000
Tipo de batería	Composición e las baterías instaladas	1- Fulmen Powerbloc	1- Fulmen Powerbloc	1- Fulmen Powerbloc	1- Fulmen Powerbloc
Tensión nominal	Tensión nominal del conjunto de baterías	48	48	48	v
Modelo Regulador		TapS rastreador-regulador	TapS rastreador-regulador	TapS rastreador-regulador	TapS rastreador-regulador
Potencia	Potencia del regulador en Watios	2000	2000	12000	8000
Modelo del ondulator		TapS modular-secuencial	TapS modular-secuencial	TapS modular-secuencial	TapS modular-secuencial
Potencia	Potencia del ondulator en Watios	3600	3600	14400	7200
Generador auxiliar		no	no	si	si
Potencia	Potencia de carga del generador en Watios			8000	8000
Generador OR		Aerogenerador			
Potencia	Potencia del generador de energía renovable en Watios	500			

Tabla 14: Parámetros de la instalación



ANEXO IV

CUADRO DE VISUALIZACIÓN REMOTA

El cuadro de visualización da una información completa sobre el sistema en la oficina. Existen dos cuadros, uno para cada uno de los sistemas A y B. Es de fácil e intuitiva interpretación por lo que su instalación ha resultado especialmente fructífera.

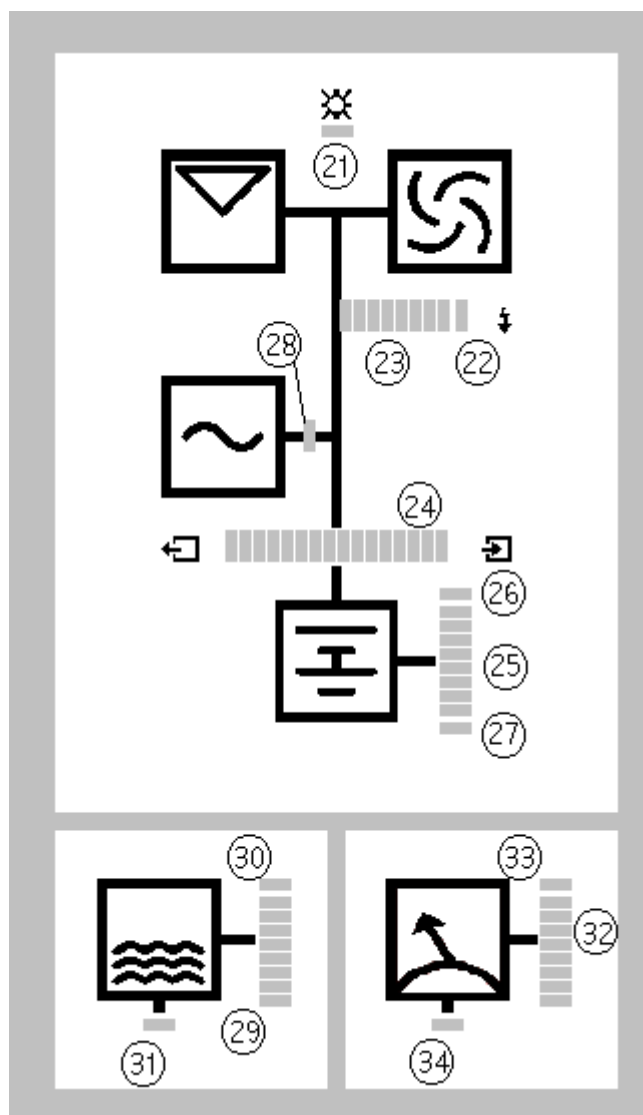


Figura 19: Cuadro de visualización remota

El cuadro de visualización le da una información completa sobre el sistema en la oficina. Existen dos cuadros, uno para cada uno de los sistemas A y B.

(21) Indicador de función “día”. Se enciende cuando las placas fotovoltaicas reciben la luz del día.

(22) Indica que el regulador está limitando la entrada de energía al sistema. Es un buen momento para realizar los consumos no sujetos a horarios, como la lavadora, bomba de agua, plancha, etc. De esta manera se aprovecha mejor la energía de las placas.



(23) Indica la energía entrando al sistema, ya sea generada por las placas o por algún otro elemento exterior (grupo electrógeno).

(24) Indica que está entrando (pilotos verdes de la derecha) o saliendo (pilotos naranjas de la izquierda) energía de las baterías.

(25) Índice de carga de la batería. Si está encendida toda la columna están aproximadamente al 100%.

(26) Indica que en el día actual, se ha completado el ciclo de carga de la batería. Hay que procurar que esto pase cada semana, porque es importante para alargar la vida de su batería.

(27) Indicador de alarmas de batería:

- amarillo: En el último mes, la batería ha recibido una carga completa sólo durante 3 días. Procure de permitir una carga completa de la batería (piloto 26).
- rojo: el índice de carga está muy bajo. Conviene desconectar la mayoría de los consumos y, a ser posible, efectuar una carga con el grupo. Si no se desconectan los consumos la Centralita cortará el servicio en breve.

(28) Alarma ondulator. El ondulator se ha desconectado. Mirar los pilotos del ondulator y tomar las medidas necesarias.

(29) Temperatura acumulador: N/A

(30) La temperatura en el acumulador es suficiente: N/A

(31) La circulación del agua caliente: N/A

(32) Energía a disposición actual: N/A

(33) Hay algún aviso positivo: N/A

(34) Hay algún aviso negativo: N/A



ANEXO V

DIPENSADOR-CONTADOR DE ENERGÍA



INTRODUCCIÓN.

El dispensador-contador de energía fue el sistema elegido para gestionar la demanda energética de los consumidores de la isla. A pesar de que los hechos constataron su completo fracaso, se considera oportuno mostrar aquí un resumen de su funcionamiento para que posteriormente, en el capítulo dedicado a críticas constructivas y opciones de mejoras para el proyecto, se entienda mejor lo acontecido.

El dispensador-contador de energía eléctrica gestiona de forma inteligente los consumos individuales de energía. Sus funciones son:

- La función principal del equipo consiste en permitir un nivel preestablecido de consumo eléctrico que evite que un usuario consuma los recursos de los demás.
- Indicar claramente la energía disponible por el usuario.
- Asegurar un buen estado de carga de las baterías, lo cual reduce la sulfatación y prolonga la vida de las baterías.

PUESTA EN MARCHA.

El dispensador-contador mide constantemente la potencia y la energía consumida. La tarifa programada fija la potencia máxima y la cantidad de energía de la cual dispone el usuario. Esta energía, si no se consume, se acumula de forma virtual. La información correspondiente a la tarifa contratada, la energía restante disponible y la energía total consumida se guardan en la FEDI (Ficha electrónica de **E**nergía **D**isponible **I**ndividual).

Cuando conectamos el dispensador, en la pantalla aparece el mensaje: "Insertar FEDI". El mensaje desaparece cuando insertamos una FEDI. La FEDI se debe insertar con cuidado, ya que los contactos son frágiles.

FUNCIONAMIENTO DEL DISPENSADOR.

El dispensador tiene un botón, una pantalla y una FEDI. Pulsando el botón se pueden ver tres valores:

- Inicialmente, el dispensador nos muestra la energía disponible (E.D.) en Wh.
- Pulsando una vez el botón, el dispensador nos muestra la energía consumida (TOTAL) en Wh.
- Pulsando otra vez el botón, el dispensador nos muestra la energía disponible en la reserva

A continuación se explica el significado de estos tres valores y el funcionamiento del dispensador.

La energía disponible (E.D.) y la reserva (RESERVA):



Una buena manera de entender el funcionamiento del dispensador-contador es con la analogía del circuito de agua que se muestra en la figura. El consumo de agua representa el consumo eléctrico, el caudal la potencia eléctrica y el depósito la reserva de energía. El nivel de agua dentro de un depósito representa la energía a disposición del usuario.

La energía disponible (E.D.) para el usuario (en Wh) en cualquier momento se muestra en la pantalla del dispensador. Nos podemos imaginar esta energía como el agua del depósito grande de la parte superior de la figura. Ésta reserva se actualiza cada 5 minutos con el incremento determinado por la tarifa, y disminuye según el consumo.

Cuando la energía disponible (E.D.) se agota, todavía se dispone de una reserva adicional (RESERVA), pero si ésta se agota entonces el dispensador corta el suministro de electricidad. Para restablecer el suministro hay que esperar a que se recupere una parte de E.D.

Sólo empieza a llenar la reserva cuando la E.D. está al máximo de capacidad, y lo hace a un cuarto del incremento normal determinado por tarifa.

Contador de la energía total consumida (TOTAL):

Indicador de la energía total consumida (en Wh) de la FEDI colocada en el dispensador.

Limitación de potencia:

La potencia está limitada en función de la tarifa. Si el dispensador corta por sobrecorriente este emite una señal acústica y muestra el mensaje “*Exceso de corriente*”

Para restablecer el consumo hay que desconectar algún consumo y pulsar el botón.

Energía disponible sin FEDI:

Si por algún motivo el usuario desea extraer la FEDI, puede transferir parte de su reserva a la base del dispensador dejándolo así en servicio. Esta función es de mucha utilidad cuando hay instalaciones comunitarias donde cada uno debe llevar su FEDI para poder disponer de electricidad, y al mismo tiempo no se puede dejar la casa sin servicio.

El procedimiento consiste en apretar el pulsador hasta que en la pantalla aparezca el mensaje RESERVA. Se aprieta de nuevo y se mantiene apretado el pulsador hasta que el contador de reserva disminuye. En el momento que se deja de apretar el pulsador, toda la cantidad de Wh que ha disminuido la reserva pasan a disposición del usuario y éste puede extraer la FEDI sin interrupción del servicio.

Señales acústicas:



Todas las señales consisten en un sólo pitido y ocurren en el caso de sobrecorriente y agotamiento de la E.D. (cada vez que entra en reserva). En el primer caso el pitido es más largo.

Consejos para un buen funcionamiento:

- Intentar mantener la E.D. estable a lo largo de las semanas.
- Si se observa que la E.D. disminuye cada día sin cesar, hay que reducir el consumo o cambiar a una tarifa más elevada.
- Intentar tener la E.D. lo más alta posible.
- La RESERVA está pensada para ocasiones especiales de consumo. No gastarla sin causa justificada.

FUNCIONES ESPECIALES CON EL “BUS DOMÓTICO TapS”.

Para incentivar a consumir en horas de sol, y no hacerlo cuando las baterías están bajas, el dispensador tiene dos modos especiales de funcionamiento que se activan a través del TApSBUS:

- **Modo bonificación:** Cuando hay un exceso de energía en el sistema, el dispensador da una señal acústica y mostrará el mensaje BONIFICACION. Entonces por cada 2 Wh consumidos, sólo se resta 1 Wh de la E.D. o de la reserva.
- **Modo restricción:** Cuando el índice de disponibilidad de las baterías es bajo, el dispensador emite una señal acústica y mostrará el mensaje “*Restricción*”. Entonces por cada 1 Wh consumido, se restan 2 Wh de la E.D. o reserva.

Estos modos especiales no tienen influencia en el contador « TOTAL ».

Incremento de la reserva:

En el modo de bonificación y cuando la E.D. está al máximo, la reserva incrementa según la tarifa de forma completa y no a un cuarto de ésta.

Límite de potencia inteligente:

Si a través del TApS-BUS llega la señal de sobrecorriente del ondulator de la microrred, entonces el límite de potencia del dispensador se reduce a la mitad. De esta forma sólo los usuarios de la red que se encuentran cerca de su máximo de potencia contratada serán desconectados.

Señales acústicas:

Al entrar y salir de los modos especiales de bonificación y restricción se escucha una sola señal acústica, del mismo tono de las anteriores pero un poco más corta.

Consejos adicionales con el TApS-BUS:

- Aprovechar los periodos de bonificación para arrancar consumos programables, como por ejemplo la lavadora.
- Durante los períodos de restricción reducir el consumo al mínimo posible.
- En caso de corte por sobrecorriente, apague algunos consumos.

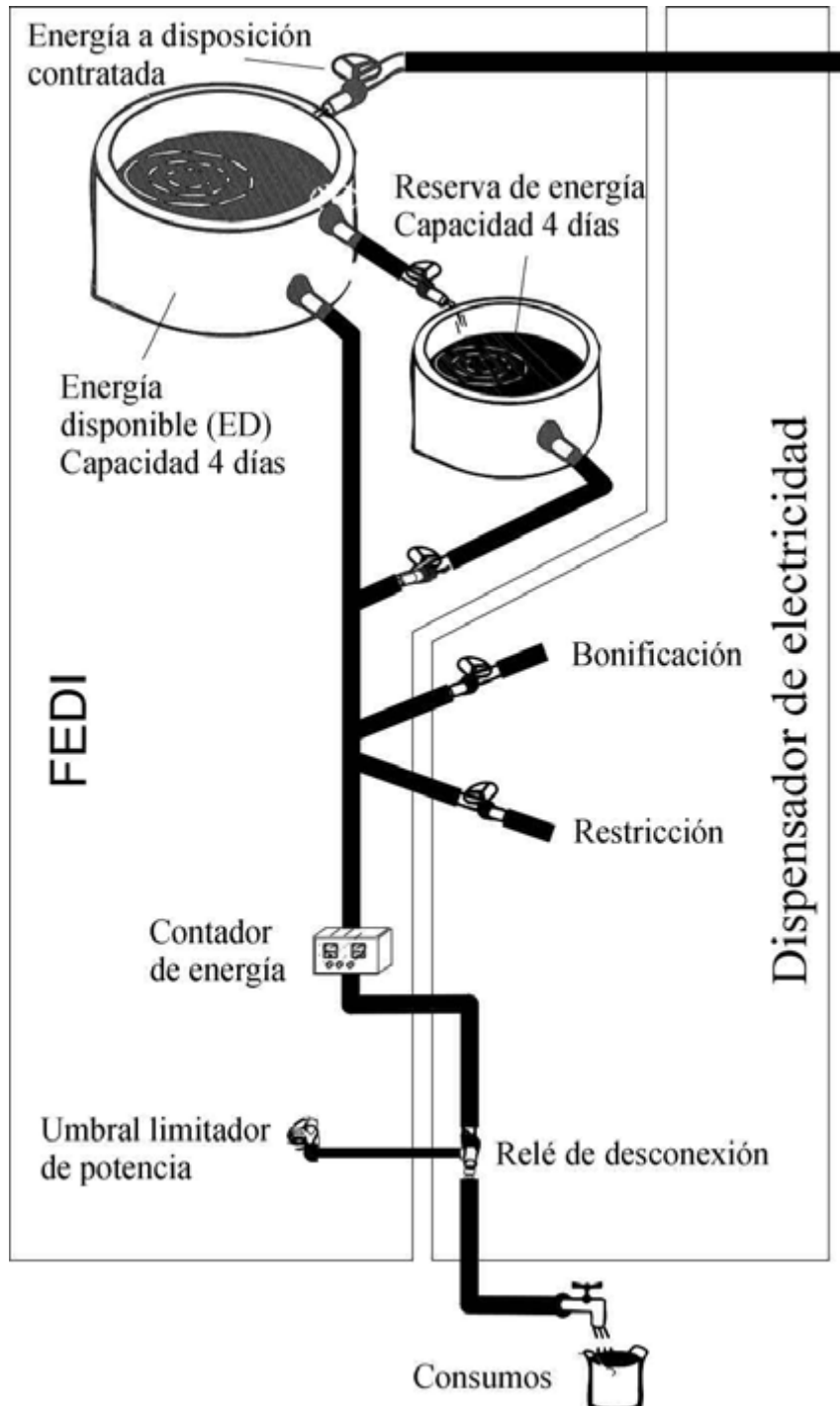
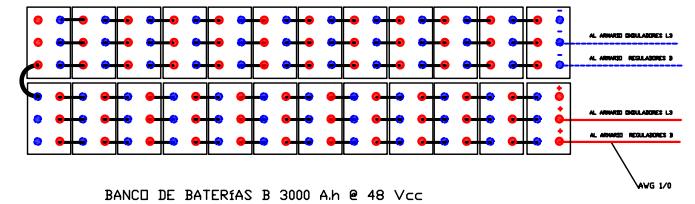
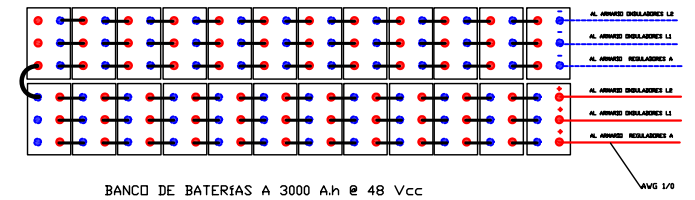
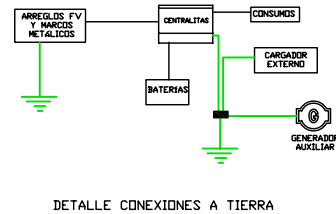
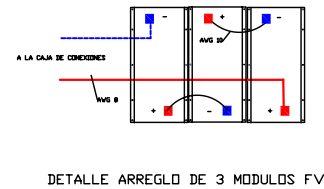
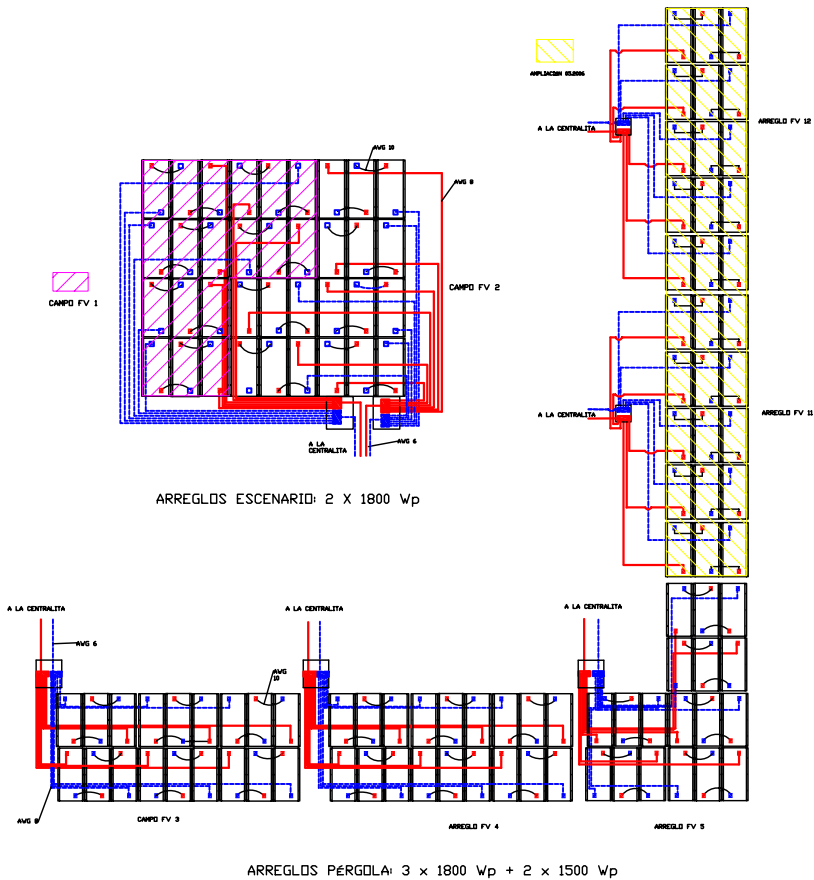
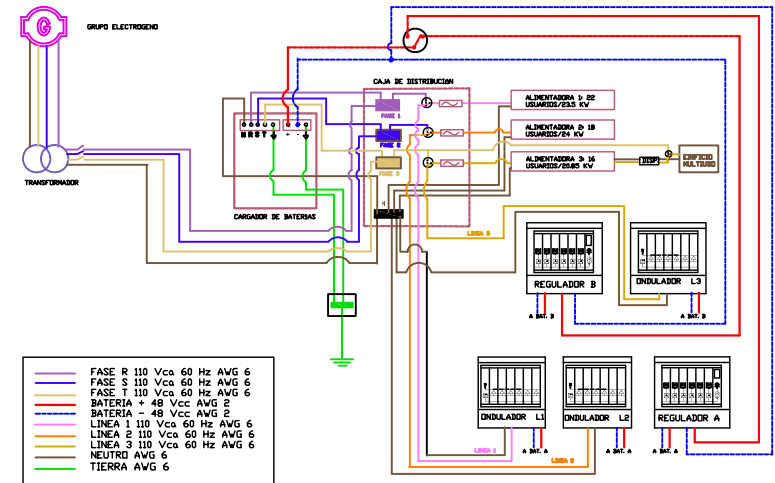
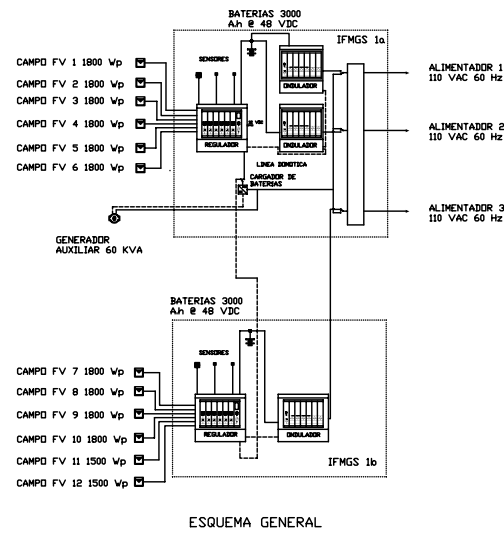
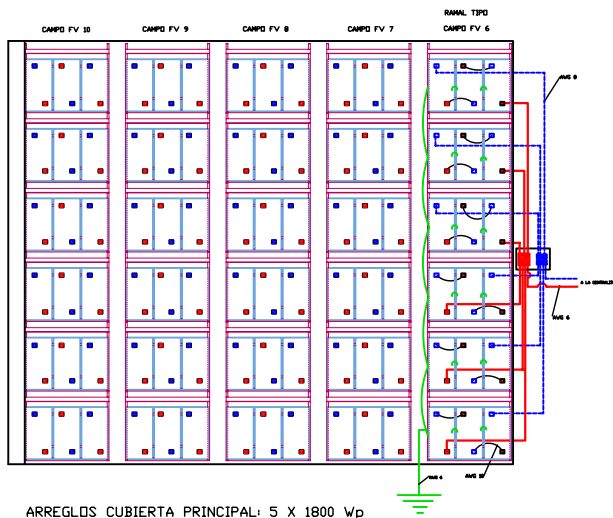


Figura 20: Comparación FEDI con sistema de aguas



ANEXO VI

UNIFILARES PUERTO VELASCO IBARRA.



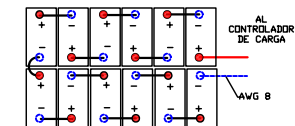
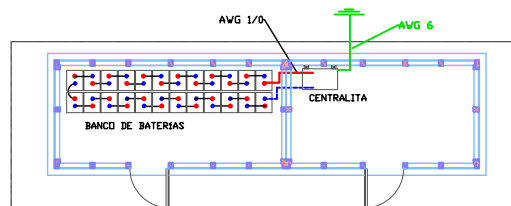
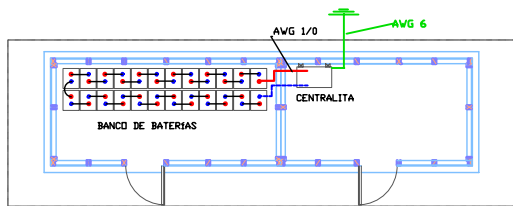
FASES A y C: ORDENACION URBANISTICA Y SERVICIO ELECTRICO

ESQUEMAS GENERALES DE
INSTALACIONES ELECTRICAS
ZONA AGRICOLA IFMGS 2, IFMGS 3, GFI

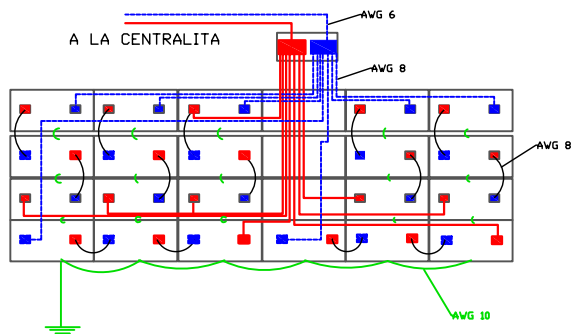


Proyecto
Integral de
Infraestructuras
Para la
Sostenibilidad
de la Isla
FLOREANA

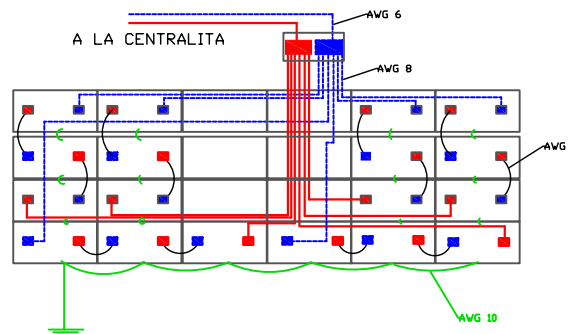
UNIDADES:	PLANOS SEGUN CONSTRUÍDO	EL TÉCNICO: Ignacio Alonso Salvatella
	TRAMA TECNOMBIENTAL	



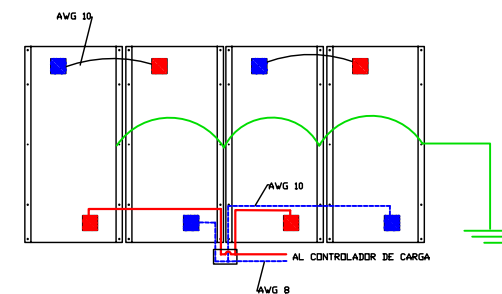
BANCO DE BATERIAS 240 Ah @ 24 Vcc



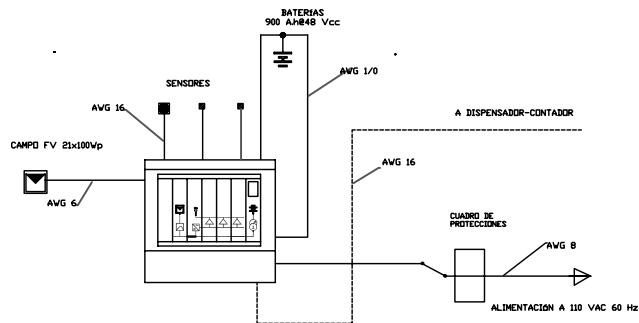
DETALLE ARREGLO FV 21x100 Wp



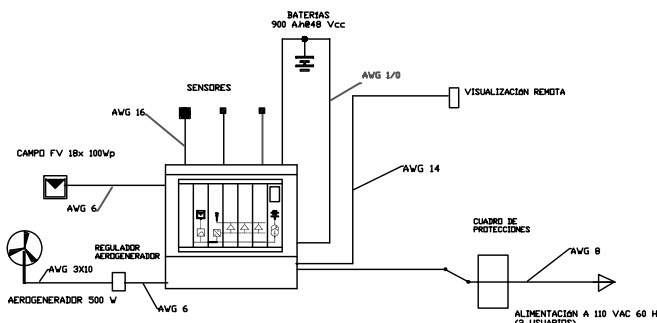
DETALLE DEL ARREGLO FV 18x100 Wp



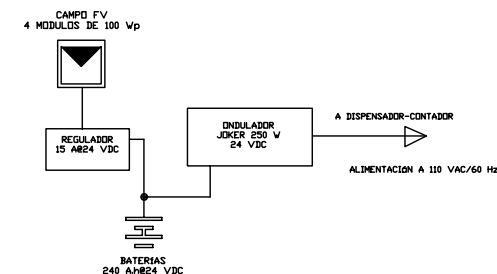
DETALLE DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO 4X100 Wp



CASETA "LAS PALMAS" IFMGS 3



CASETA "LA PRIMAVERA" IFMGS 2



CASETAS INDIVIDUALES GFI

FASES A y C: ORDENACIÓN URBANÍSTICA Y SERVICIO ELÉCTRICO			
ESQUEMAS GENERALES DE INSTALACIONES ELECTRICAS ZONA AGRICOLA IFMGS 2, IFMGS 3, GFI			Proyecto Integral de Infraestructuras Para la Sostenibilidad de la Isla FLOREANA
	PLANOS SEGUN CONSTRUIDO	EL TÉCNICO: Ignacio Alonso Salvatella	
UNIDADES:	 TRAMA TECNIOAMBIENTAL		